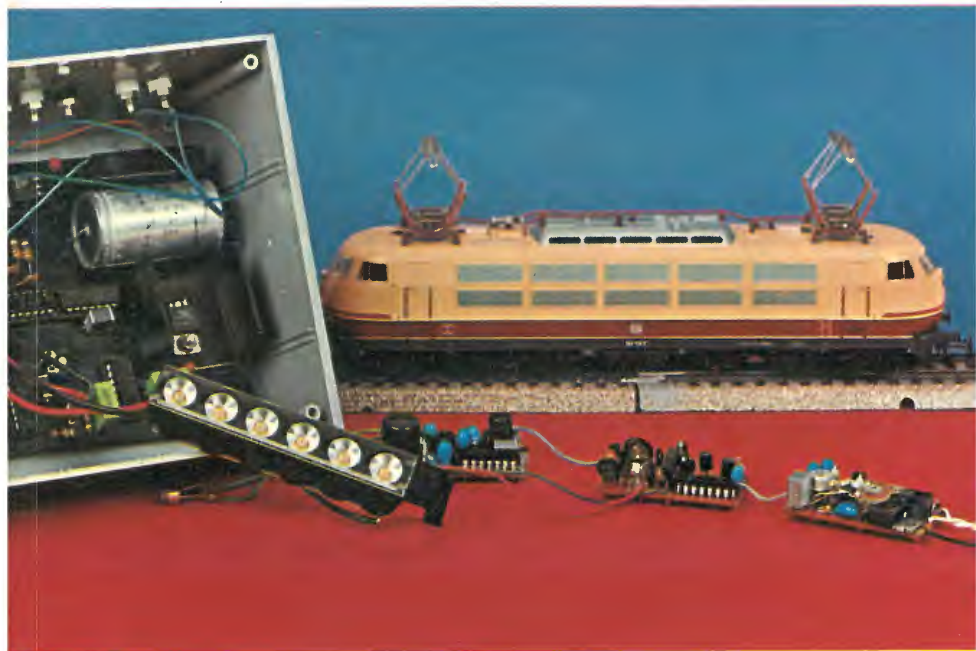
biblioteca
tascabile
elettronica

25

friedhelm schiersching

telecomandi a infrarossi per il ferromodellismo

franco muzzio & c. editore

un telecomando a infrarossi
per pilotare fino a 4 locomotive

biblioteca **t**ascabile **e**lettronica
coordinata da Mauro Boscarol

25

franco muzzio & c. editore

Friedhelm Schiersching

telecomandi a infrarossi per il ferromodellismo

Un telecomando a infrarossi per pilotore fino a 4 locomotive

Con 65 disegni nel testo
e 12 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

Telecomandi a infrarossi per il ferromodellismo

Introduzione

Nei vari prodotti dell'industria, dell'elettronica ed anche dell'elettronica dei dilettanti i telecomandi sono stati introdotti nella seguente successione: telecomandi via cavo, via etere, per ultrasuono.
Nel campo del ferromodellismo questo sviluppo si è fermato al telecomando con un conduttore, cioè attraverso i binari, a causa delle piccole dimensioni dei modelli e dei disturbi elettromagnetici e ultrasonori che si presentano durante il loro funzionamento. Naturalmente queste difficoltà possono essere superate, ma solo con un notevole dispendio, e le ditte del campo ci rinunciarono ben presto per motivi di costi.
Si sono cercate dunque delle altre vie che hanno portato ad un grande numero di automatismi di avviamento e di frenatura, di dispositivi di sicurezza per tratti di blocco, di comandi a durata o lunghezza d'impulso, di comandi a sezione di fase con o senza tiristori o triacs, comandi per più treni con frequenze acustiche e con sistemi a sfasamento di semionde.
I prezzi però erano e sono tutt'oggi relativamente alti, e il ferromodellista non partecipa al gioco: i costi, le difficoltà tecniche, le difficoltà nel procurarsi certi componenti hanno portato al rifiuto di questi meccanismi da parte del mercato.
Nel campo dei telecomandi – quelli industriali, non nel campo del ferromodellismo – si è affermata negli ultimi anni la tecnica dell'infrarosso. L'ampia diffusione dei circuiti integrati ha fatto calare il loro prezzo, e questo ha permesso a sua volta l'applicazione di nuove tecniche nei campi più svariati.
Le esitazioni dell'elettronica modellistica sono comprensibili. D'altronde però, proprio la tecnica dell'infrarosso comporta mol-

tissime possibilità d'impiego in questo campo. Per di più l'immunità verso i disturbi è molto più elevata che non nel caso della tecnica radio. Si eliminano le bobine di frequenza audio, e si ottengono una serie di altri vantaggi, come la tensione per l'illuminazione del treno indipendente dalla velocità, e la marcia a velocità estremamente ridotte. Siccome i circuiti descritti nel presente volume vengono alimentati con corrente « quasi-continua » non si presentano difficoltà per quanto riguarda l'introduzione di altre frequenze nella locomotiva, come rumori da locomotiva a vapore, fischi a vapore, che verranno condotti attraverso i binari in un altoparlante montato nel treno. (Si veda il volume *Effetti sonori per il ferromodellismo*).
Questo libro è un « ricettario » con istruzioni per la realizzazione e proposte circuitali, eseguibili anche da persone senza esperienze in elettronica. Le esposizioni teoriche sono limitate al minimo indispensabile, perché è impossibile spiegare la tecnica dell'infrarosso con tutte le possibilità di applicazione in uno spazio così limitato.
Chi sa maneggiare un saldatore sarà senz'altro in grado di realizzare tutti i circuiti qui proposti. I componenti si possono trovare in tutti i negozi specializzati.
I costi per un impianto realizzato in proprio sono non solo notevolmente inferiori a quelli di impianti prodotti industrialmente, ma anche più convenienti di quelli dei comandi con frequenze acustiche o con semionde.

1. Comandi per ferromodellismo

1.1 I vari modi di funzionamento

Poiché i trenini a scarto N e Z trovano sempre più amici fra i dilettanti del ferromodellismo, aumentano corrispondentemente gli impianti a corrente continua rispetto a quelli a corrente alternata. Solo i fanatici della Märklin insistono con quest'ultimo tipo. Ma anche questa ditta ha trasformato alcuni dei suoi modelli per il funzionamento con corrente continua.
La locomotiva a corrente alternata presenta tuttora delle caratteristiche migliori, la coppia motrice è più vantaggiosa, è più facile il montaggio di masse d'inerzia vere o simulate, la velocità di avviamento e di frenatura può essere regolata più finemente. Entrambi i tipi presentano però lo svantaggio di essere dipendenti dal carico. La velocità diminuisce in salita e nelle manovre in curve strette; nelle manovre a velocità estremamente ridotta la locomotiva si può addirittura fermare. È dunque necessaria una continua messa a punto dell'impianto. Il vantaggio della locomotiva a corrente continua rispetto a quella a corrente alternata si vede nel caso di inversioni di marcia: nel caso della corrente continua è sufficiente invertire la polarità della corrente raddrizzata, ma ancora pulsante, con il commutatore montato sul trasformatore. Nel caso della corrente alternata questa possibilità non esiste, deve essere commutato con sovratensione un relé che cambia la polarità degli avvolgimenti del motore. Un aumento momentaneo della luminosità dell'illuminazione ed eventualmente uno scatto in avanti della locomotiva sono conseguenze inevitabili.
Il modellista ha dunque, nel caso dello scarto HO, la scelta fra corrente continua e alternata (nel sistema a 2 o a 3 conduttori), nel

caso dello scarto N e Z gli rimane invece solo la corrente continua.

Per il ferromodellista comunque esistono vari motivi per continuare la ricerca di altri modi di azionamento dei modelli, fra i quali il desiderio di ottenere delle velocità il più possibile fedeli all'originale. La maggior parte dei modellisti fa andare troppo velocemente i propri treni. Il rapporto di scala per i vari scarti è: scarto I = 1:32, scarto HO = 1:87, scarto N = 1:160, scarto Z = 1:220.

Senza entrare nei dettagli delle formule diamo solo un'indicazione: una locomotiva che viaggia a 80 km/h percorre una distanza di 22,22 m al secondo. In un impianto HO questa distanza corrisponde a 25,5 cm, una velocità che viene mantenuta raramente, proprio nei modelli piccoli le velocità sono solitamente troppo alte. Uno dei motivi sarà costituito dal fatto che il modellista vorrà distinguere la velocità di manovra da quella di viaggio, ma il trasformatore non arriva alle velocità molto basse. Quindi l'avviamento lento e la frenatura perdono di effetto.

Per i perfezionisti fra i modellisti amanti dell'elettronica, di seguito sono riportate alcune formule. Chi non si è mai occupato di elettronica non se ne faccia intimorire. Siano M_k la costante di motore, R_{rip} la resistenza dell'ancora a riposo, V_{al} la tensione di alimentazione del motore, V_i la tensione indotta nel motore, I_m la corrente nel motore, n il numero di giri del motore.

$$V_{al} = V_i + I_m \times R_{rip}$$

V_i si calcola con $\frac{2 \pi n}{60} \times M_k$

L'equazione mostra che la coppia motrice è proporzionale alla corrente del motore. Siccome nel ferromodellismo si impiegano dei motori fortemente ridotti di velocità, devono essere superate le resistenze dovute agli attriti con coppie motrici elevate, soprattutto durante la fase di avviamento, le manovre e nelle salite. Quindi la corrente nel motore si calcola con la formula:

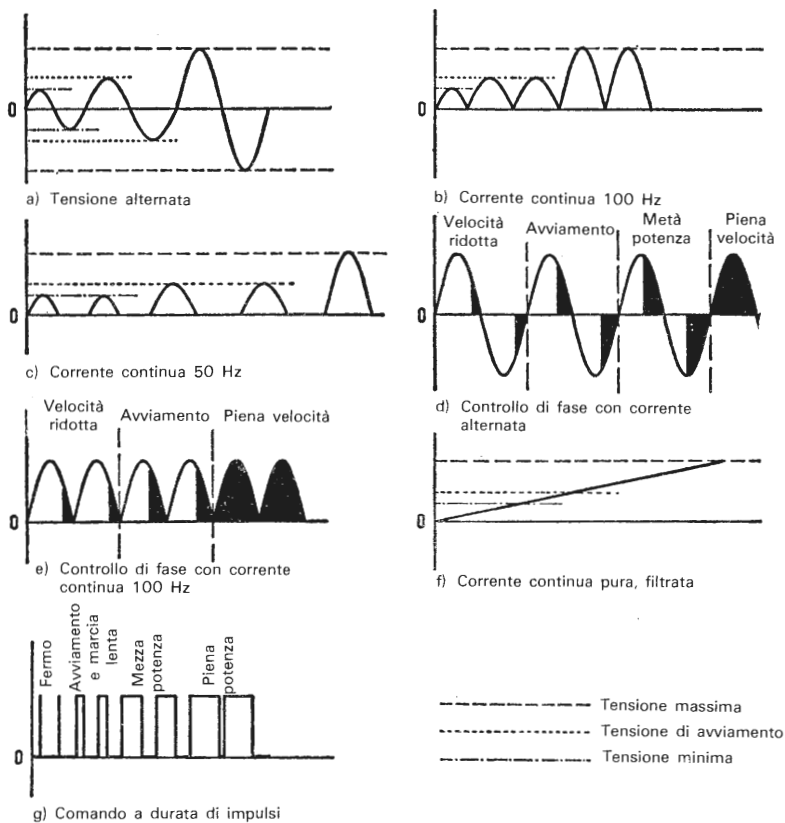



Fig. 1. I vari tipi di tensioni e di modi di funzionamento. 1a: tensione alternata; 1b: corrente continua 100 Hz; 1c: corrente continua 50 Hz; 1d: controllo di fase con corrente alternata, 1e: controllo di fase con corrente continua 100 Hz; 1f: corrente continua pura, filtrata; 1g: comando a durata d'impulsi.

$$I_m = \frac{2 \pi n}{60} \times (V_{al} - \frac{1}{R_{rip}} \times M_k)$$

La coppia motrice si calcola con la formula

$$C_m = M_k \times I_m$$

Per i non-elettronici, sarà più comprensibile la Fig. 1, dove è ripor-

tata una rappresentazione grafica delle varie tensioni e dei diversi tipi di funzionamento. I grafici hanno solamente uno scopo indicativo, le curve non sono proporzionate. La linea continua rappresenta il livello zero, la linea tratteggiata la tensione finale con la manopola della velocità al massimo, la linea punteggiata indica la tensione di avviamento, la linea a punti e tratti infine la tensione alla più bassa velocità possibile.
Dalla Fig. 1a si vede che nel caso della corrente alternata la partenza avviene prima che non nel caso della corrente continua (Fig. 1b), inoltre è migliore il comportamento con le basse velocità. Alcune ditte, ad esempio l'Arnold, producono dei trasformatori nei quali viene soppressa una semionda della corrente continua, la locomotiva viene dunque alimentata con degli impulsi a 50 Hz anziché a 100 Hz. Ciò comporta una diminuzione della velocità, soprattutto di quella massima, e non di quella di manovra, come si può dedurre dalla Fig. 1c.
Le Figg. 1d ed 1e mostrano entrambe i metodi con un comando a controllo di fase. Qui non si tratteranno i dettagli tecnici ed elettronici in quanto esiste un'esauriente bibliografia. Si vuole solo far vedere che le caratteristiche migliorano un po', ma che continua a persistere una forte dipendenza dal carico.
La Fig. 1f mostra della corrente continua pura e contemporaneamente fa vedere che questo modo di comando è indubbiamente migliore.
La massima efficienza viene raggiunta con un comando a durata d'impulso, come è mostrato in Fig. 1g. Con questo modo di funzionamento, il motore viene azionato ad una frequenza prefissata con degli impulsi rettangolari che hanno l'ampiezza della tensione d'alimentazione, ad esempio 14 Volt. La frequenza degli impulsi viene normalmente determinata dalla frequenza di rete a 50 o 100 Hz. La velocità viene regolata con una variazione della larghezza o durata degli impulsi. Impulsi ad ago comportano velocità minima, impulsi di massima durata velocità alta.
Un'altra possibilità di azionamento è costituita dal comando a frequenza d'impulsi, nel quale vengono generati solo degli impulsi ad

ago. La regolazione della velocità avviene tramite la variazione della frequenza da circa 5 Hz fino a 100 Hz. Siccome però questo modo di azionamento fa « martellare » il motore, è interessante solo per locomotive diesel.
Solo con un oscilloscopio si può vedere che i comandi ad impulsi lavorano con il pieno livello della tensione. Con un normale strumento di misura si registra un progressivo aumento della tensione come negli altri modi di azionamento. Dal voltmetro si vede anche che le locomotive si mettono in moto con una tensione da ca. 3 V a 6 V di corrente continua o alternata, dopo la tensione può essere abbassata fino a circa 2 V. Nei comandi ad impulsi le locomotive si mettono in moto già con una tensione di 1 V, e questa è contemporaneamente la tensione di avviamento e di andatura piana. Esiste poi un altro vantaggio: nella regolazione con un trasformatore si deve muovere il collettore sulle spire dell'avvolgimento, la tensione quindi varia a scatti. Nell'azionamento ad impulsi invece la regolazione viene effettuata con un potenziometro, il che permette una regolazione continua e di maggiore precisione.
Non vogliamo però tacere gli svantaggi: andando a velocità ridotta il motore tende a « martellare », e questo è tutt'altro che fedele all'originale. Inoltre non è possibile invertire la polarità degli impulsi, si devono utilizzare dei commutatori di polarità. È il desiderio del modellista di ottenere delle caratteristiche di funzionamento migliori e più fedeli che motiva la ricerca di nuove tecniche. Finora si dovevano fare dei compromessi in tutti i pannelli di comando. Ma c'è un altro modo di comando quasi ideale.

1.2 Comando digitale-proporzionale con inversione di marcia

Questo modo di comando è noto a tutti quelli che si sono occupati di telecomandi via radio. Si trovano in molti servomeccanismi e in modelli di aerei, automobili e navi nel regolatore elettronico di velocità, il quale permette di regolare la velocità con continuità e senza invertitore di polarità avanti e indietro.

Il fatto che questo modo di comando non sia stato ancora introdotto nel campo del ferromodellismo è dovuto al prezzo di un regolatore, che si aggira sulle 100.000 lire e alla necessità di un generatore di impulsi (nel caso di telecomando via radio trasmettitore e ricevitore). Per di più i componenti sono solitamente di dimensioni tali da non farli entrare all'interno di una locomotiva o di una carrozza.
Con una costruzione in proprio possiamo ridurre notevolmente le spese per il circuito. L'utilizzazione di circuiti integrati permette la realizzazione di dispositivi così piccoli da farli entrare in una locomotiva o una carrozza. Siccome, a causa dell'alta sensibilità ai rumori, non è possibile l'impiego di un telecomando via radio o per ultrasuoni, scegliamo un'altra via: l'infrarosso. I disturbi menzionati prima, in questo caso non si presentano e possono essere trasmessi un numero qualsiasi di segnali.
Ma prima di entrare nei dettagli del telecomando ci occuperemo del funzionamento del motore. Inizieremo la realizzazione da un tavolo di comando elettronico che trasmette i comandi attraverso i binari.

1.3 Centrale di comando con tecnica digitale-proporzionale

Lo schema circuitale è mostrato in Fig. 2. Le linee tratteggiate verticali suddividono il circuito in tre parti: l'alimentazione, il generatore d'impulsi e il controllo di velocità vero e proprio. Queste parti le troveremo separate nel telecomando con l'infrarosso.
La prima parte (sinistra) è costituita da un semplice alimentatore stabilizzato, come è stato descritto nel volumetto *Effetti sonori per il ferromodellismo* dello stesso autore. Se si utilizza l'uscita « illuminazione » del trasformatore (14 oppure 16 Volt) si può regolare la tensione di alimentazione fra 9,5 e 13 Volt con il potenziometro R5. Così viene anche determinata la velocità finale della locomotiva. Per ottenere altre tensioni d'uscita devono essere

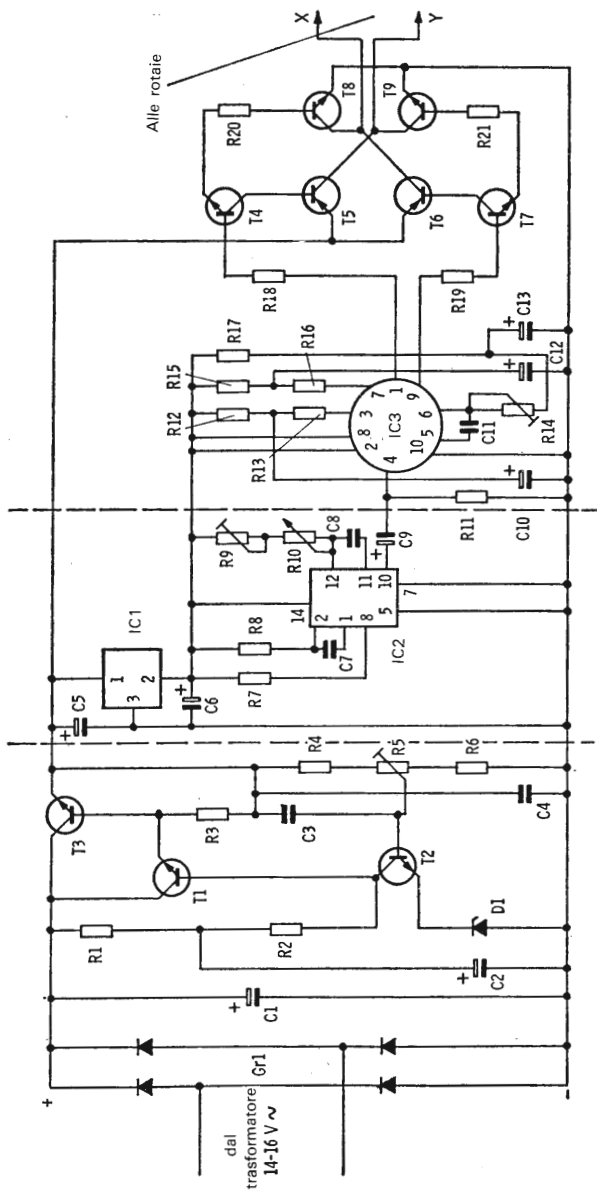



Fig. 2. Regolatore di velocità ad impulsi digitale-proporzionale per locomotive a corrente alternata e continua. L'inversione di marcia avviene con un potenziometro (o cursore) per le locomotive a corrente continua, per quelle a corrente alternata come al solito tramite sovratensione.

Elenco componenti per il circuito di Fig. 2:

Gr1	Ponte raddrizzatore B 40 C 3200/2200
R1	Resistenza 1 kOhm
R2, R3, R12, R16	4 resistenze da 100 kOhm
R4, R7	2 resistenze 10 kOhm
R5, R9	2 trimmer 10 kOhm/0,25 W, orizz. o vertic.
R6	Resistenza 27 kOhm
R8	Resistenza 22 kOhm
R10	Potenziometro 2,2 kOhm risp. 10 kOhm (5 kOhm), vedi testo
R11	Resistenza 47 kOhm
R12, R15	2 resistenze 12 kOhm
R14	Trimmer 10 kOhm, vedi testo
R17	Resistenza 3,9 kOhm
R18, R19, R20, R21	4 resistenze 47 Ohm
Tutte le resistenze 5-10% di tolleranza, 1/4 Watt	
C1	Condensatore elettrolitico 2200 μF/25 V
C2	Condensatore elettrolitico 100 μF/25 V
C3	Condensatore MKS opp. MKM 1 nF
C4	Condensatore MKS opp. MKM 0,047 μF
C5, C6, C10, C12, C13	5 condens. elettrolitici al tantalio 22 μF/16 V
C7, C8, C11	3 condens. MKM 0,47 F/6 V
C9	Condensatore elettrolitico al tantalio 4,7 F/6 V
T2, T4, T7	3 transistori NPN BC 107C o simili
T3	Transistore di potenza NPN 2N3055
T1	Transistore NPN BC 140 opp. BC 141, 2N1613, 2N2219 o simile
T5, T6	2 transistori darlington PNP, vedi testo
T8, T9	2 transistori darlington NPN, vedi testo
D1	Diodo Zener 6,8 o 10 V secondo la tensione d'uscita, 400 mw
IC1	Regolatore di tensione integrato da 5V/1A (minimo), ad es. LM 340-05 o 7805
IC2	Circuito integrato MIC 74 124, SN 74124, generatore d'impulsi
IC3	Circuito integrato NE 543k o WE 3141, circuito integrato per servomeccanismi telecomandati
2	Alette di raffreddamento per transistori di pilotaggio (prelevare da vecchi AC 177)
2	Alette di raffreddamento per transistori finali

cambiati i valori delle resistenze R4, R5, R6 ed il valore del diodo Zener D1. Le formule per questa trasformazione si trovano nel volume già nominato. Normalmente però è sufficiente una regolazione fra 9,5 e 13 Volt.

I circuiti integrati IS2 ed IS3 nella seconda e terza parte del circuito richiedono una tensione stabilizzata di 5 V, che si ottiene con un regolatore integrato di tensione. Questi regolatori si trovano per tensioni d'uscite fisse fra 5 e 24 V e vari valori di correnti. Utilizziamo un regolatore integrato, IS1, con una tensione fissa

di 5 V, caricabile con almeno 1 A. I modelli indicati nell'elenco dei componenti sono montati in custodie TO-220, sulle quali si possono montare delle alette di raffreddamento. Ma siccome nel nostro caso sono da alimentare solo due circuiti ingrati, non è necessario questo tipo di montaggio.
I condensatori elettrolitici C5 e C6 servono per l'ulteriore stabilizzazione della tensione. Useremo modelli al tantalio, per le seguenti ragioni: sono molto più piccoli dei normali condensatori elettrolitici ed inoltre presentano una minore resistenza induttiva.
Iniziando dai transistori di Fig. 2. T5, T6, T8 e T9 sono dei transistori darlington che formano un circuito a ponte. T4 e T7 sono i transistori di pilotaggio. È consigliabile impiegare dei tipi ad involucro metallico, come indicato nell'elenco dei componenti, per poter montare dei corpi di raffreddamento.
I transistori darlington devono essere di tipo complementare. T5 e T6 sono di tipo PNP, T8 e T9 di tipo NPN. Le seguenti coppie NPN/PNP sono adatte allo scopo: BD 262/263, BD 675/676, BD 677/678, BD 679/680, tutte con un carico massimo di 4 A. Un carico ancora più alto è assorbito dai BD 331/332, BD 266/267, BD 643/644, BD 695/696, BD 697/698, BD 699/700, BD 701/702. Esistono altri darlington con un carico ancora più elevato, ma sono montati in custodie TO-3, che non trovano posto sul nostro circuito stampato.
Naturalmente possono essere utilizzati anche altri tipi di transistori di potenza, i quali però richiedono altri componenti, che assorbono spazio e riducono un eventuale risparmio sul prezzo. I transistori darlingron inoltre commutano meglio, anche a bassi livelli di pilotaggio e questo ci fa comodo nelle manovre a bassa velocità. Il circuito a ponte formato dai transistori darlington viene pilotato con degli impulsi dai transistori di pilotaggio. Il motore della locomotiva forma la diagonale del circuito a ponte. Il pilotaggio ad impulsi assicura un rapporto ideale fra potenza e dissipazione di calore. Anche il funzionamento alla massima velocità non richiede un particolare raffreddamento; se utilizziamo dei transistori per carichi elevati come i BD 266/267, BD 643/644 o

addirittura TIP 140/145 (16 A) il raffreddamento è addirittura superfluo.
T4 e T7 vengono comandati dal circuito integrato IC 3 (NE 543 K oppure WE 3141). Questo circuito integrato viene impiegato nei servomeccanismi con telecomando via radio e assolve le stesse funzioni nel nostro circuito: eccita a seconda della lunghezza dell'impulso del trasmettitore (ricevitore) o T4, che apre quindi i darlington T5 e T8, o T7, il quale apre T6 e T9.
In Fig. 3 è riportato lo schema a blocchi interno del circuito integrato. Quando all'ingresso 4 dell'IC arriva un impulso rettangolare di circa 5 V (logica positiva) viene eccitato il monostabile, il cui tempo attivo viene determinato dalle resistenze R14 ed R17 e il condensatore C11 a 1,5 ms. La messa a punto viene effettuata con R14, come verrà descritto più avanti. Se l'impulso in arrivo è compreso tra 1,5 ms e 2 ms, oppure tra 1 ms e 1,5 ms, la logica dei blocchi A, B e C genera un impulso di riferimento, il quale compare, a seconda della durata dell'impulso in ingresso, all'uscita del blocco B oppure del blocco C. Siccome questo impulso potrebbe essere troppo corto per eccitare il flip-flop, deve essere allungato. Il flip-flop quindi pilota lo stadio d'uscita, alle uscite 1 o 9 compare il corrispondente impulso il quale eccita T4 o T7, precisamente T7 per impulsi d'ingresso lunghi, T4 per impulsi

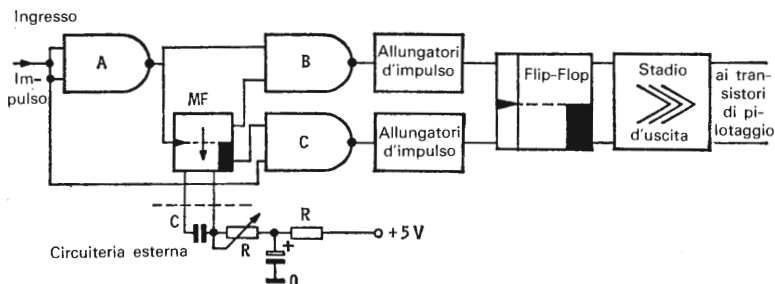



Fig. 3. Schema a blocchi del circuito integrato NE 543 k (WE 3141).

corti. Se l'impulso d'ingresso è lungo precisamente 1,5 ms, il motore della locomotiva è fermo. Se invece gli impulsi sono lunghi 1 ms oppure 2 ms i darlington verranno aperti completamente, al motore arriva della pura corrente continua e quindi gira alla massima velocità. Questo però comporterebbe un eccessivo riscaldamento dei transistori. Per evitare un surriscaldamento limitiamo, con un opportuno dimensionamento di R12 ed R15 il campo di regolazione a valori compresi fra 1,1 ms ed 1,9 ms. I darlington verranno dunque pilotati con degli impulsi anche alla massima velocità. Il numero di giri però dipende anche dalla frequenza degli impulsi.

Gli impulsi di pilotaggio vengono generati dall'IC2 (MIC 74124) nella seconda parte del circuito. Questo IC contiene due monostabili collegati fra di loro e comandati dall'esterno da un ingresso di inibizione. Il rapporto impulso-pausa viene determinato esternamente da due coppie RC. Il nostro circuito è dunque di una notevole semplicità, ma questo avviene sempre, purché si utilizzino gli IC più adatti allo scopo. R7 fissa la tensione all'ingresso di inibizione, R8 e C7 determinano la durata degli intervalli fra gli impulsi, la durata degli impulsi è determinata da C8 ed il potenziometro R10. Il trimmer R9 adatta il potenziometro R10 al circuito integrato.

Il regolatore vero e proprio di velocità è dunque R10, con esso si varia la lunghezza degli impulsi in ingresso. Il montaggio della circuiteria esterna di IC2 con i valori indicati, determina una frequenza degli impulsi di circa 45 Hz, che corrisponde alla frequenza utilizzata nei telecomandi via radio, ed è dunque ideale per l'IC3.

R10 può essere sostituito da un automatismo di avviamento e di frenatura.

La foto 3 di tavola 2, mostra i vari oscillogrammi, che sicuramente contribuiranno ad una migliore comprensione. A prima vista possono sembrare segnali di comando a durata d'impulso, ma in realtà mostrano una corrente continua modulata in larghezza d'impulsi. Quindi il motore non « martella », la velocità di

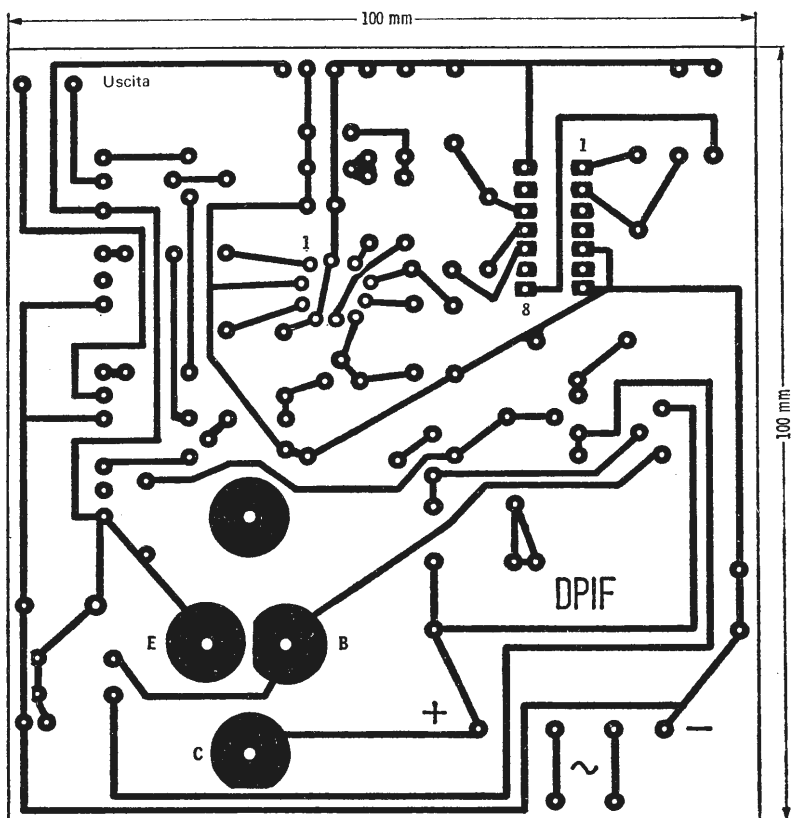



Fig. 4. Pianta d'incisione del regolatore di velocità digitale -proporzionale ad impulsi.

avviamento è regolabile in modo ancora più scorrevole e fine. Il circuito è, entro ampi limiti, indipendente dal carico, anche a velocità estremamente bassa la locomotiva non rallenta nelle curve o in salita, né accelera in discesa, perché, gli intervalli fra gli impulsi fungono da freno.
In Fig. 4 è mostrato il circuito stampato (pianta per l'incisione), in Fig. 5 la disposizione dei componenti sulla piastrina. Durante il

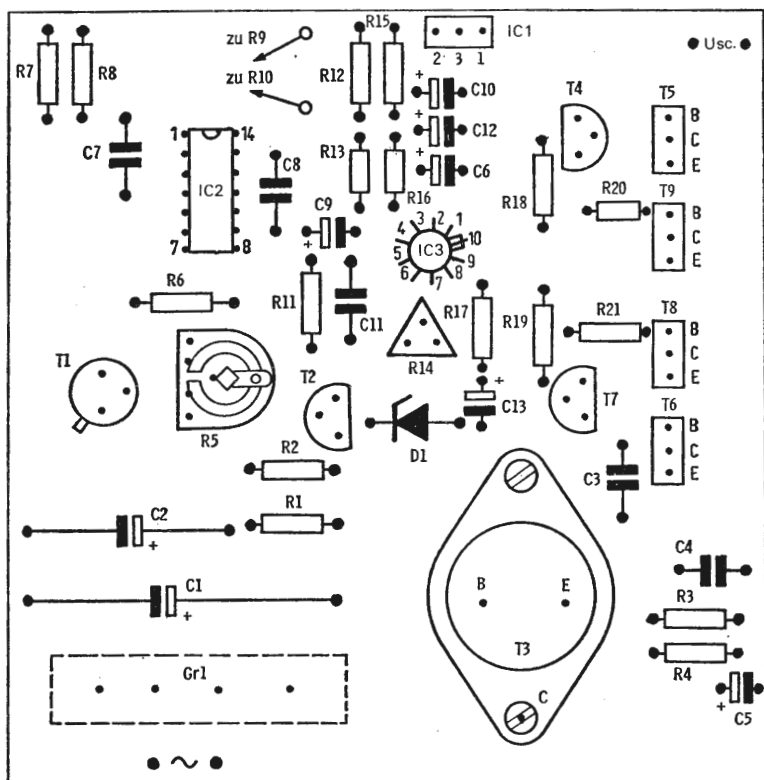



Fig. 5. Disposizione dei componenti sulla basetta per il regolatore di velocità.

montaggio è consigliabile di non seguire il solito ordine (resistenze, condensatori, transistori, circuiti integrati, ecc.), ma di completare il montaggio dell'alimentazione (parte 1 del circuito di Fig. 2). Quando avremo misurato fra l'emettitore di T3 e il punto di massa di R6 una pura corrente continua, regolabile con R5 fra 9,5 e 13 V, continueremo il montaggio, dapprima con IC1 e i condensatori C5 e C6. Tutti i condensatori elettrolitici di questo circuito, ad eccezione di C1 e C2, sono del tipo al tantalio.

Quando al piedino 2 del regolatore di tensione avremo misurato 5 V precisi, continueremo saldando gli zoccoli degli altri circuiti integrati. Seguono le resistenze, i condensatori e i transistori di pilotaggio. Per il prototipo della foto 1, tavola 1, sono stati impiegati dei BC 107C, sui quali è stato fissato un corpo di raffreddamento, tolto da un vecchio AC. Anche i darlington sono montati su dissipatori di calore.
Osservando le connessioni del circuito stampato si può notare che i collettori dei transistori T6 e T9 « sono in aria », benché i collettori di T5 e T9 e quelli di T6 e T8 debbano essere collegati fra di loro. Questo collegamento viene realizzato dai dissipatori di calore, perché le custodie metalliche dei transistori sono collegate al collettore. Se non vengono utilizzati dei corpi di raffreddamento bisogna effettuare il collegamento in un altro modo.
Alla fine gli IC vengono introdotti negli zoccoli, facendo molta attenzione alle giuste connessioni, come si deve fare anche per la giusta polarizzazione dei condensatori al tantalio, in quanto un'errata polarizzazione non solo comprometterebbe il funzionamento del dispositivo, ma distruggerebbe anche il circuito integrato IC2!
Alla piastra completata viene collegato con un cavo di lunghezza sufficiente il potenziometro R10, che può essere indifferentemente del tipo a rotazione o a cursore, quello che conta è il valore della resistenza.
Se vogliamo azionare una locomotiva a corrente continua il valore di questa resistenza deve essere di 10 kΩ, per locomotive a corrente alternata 2,2 kΩ. Fra il potenziometro RIO e la piastrina viene montato il potenziometro di taratura R9. Lo si vede nella foto 2, tavola 1, sulla destra del coperchio della custodia. Serve per la taratura fine del potenziometro R10. Chi desidera una taratura ancora più fine può spostare il trimmer R14 sul lato sinistro del coperchio, dove trova ancora spazio. Per un azionamento a corrente continua mettiamo R10 ed R14 in posizione centrale, colleghiamo la tensione di alimentazione e X ed Y con le rotaie e con un voltmetro. Meglio ancora sarebbe un oscilloscopio, ma

normalmente questo non fa parte della strumentazione di un modellista.
Nel migliore dei casi ora la locomotiva è ferma e si può spostare avanti ed indietro con spostamenti a destra e sinistra di R10. Ma nella maggior parte dei casi il dispositivo non funziona al primo colpo e si rende necessaria una taratura. Il voltmetro ci dà le indicazioni più importanti. Se si nota una deviazione della lancetta, si sposta R14 fino all'azzeramento. R10 rimane in posizione centrale. Attenzione! non spostare R14 fino agli estremi, in quanto ciò potrebbe distruggere l'IC. Avendo sistemato dunque R14 dovremmo ora, come descritto prima, potere fare muovere la locomotiva in entrambe le direzioni agendo su R10, rispettivamente fare deviare la lancetta del voltmetro verso il positivo o il negativo.
Purtroppo non possiamo utilizzare tutto il campo di rotazione, rispettivamente di spostamento del potenziometro. Esperimenti con potenziometri da 5 kΩ dimostrarono che in questo caso il campo era troppo limitato, quindi non rimane che un potenziometro da 10 kΩ. Agendo sul trimmer R9 possiamo allungare il campo di regolazione, ma anche spostare verso il centro di R10 la posizione « zero », se R14 non dovesse bastare. La posizione finale di R10 la possiamo seguire sullo schermo dell'oscilloscopio o determinarla con il voltmetro. La lancetta si può portare lentamente in prossimità del valore di tensione determinato tramite la resistenza R5. Quindi salta bruscamente fino al valore di quella tensione e non continua a salire quando viene spostato ulteriormente il potenziometro. La posizione che il potenziometro assume poco prima del « salto » viene marcata. Non è consigliabile spostare il regolatore oltre questo punto perché i darlington potrebbero aprire completamente e riscaldarsi velocemente.
Per l'azionamento di locomotive a corrente alternata, il valore del potenziometro R10 è di 2,2 kΩ. Lo spostiamo in una posizione estrema. Applicando la tensione di alimentazione, nella maggior parte dei casi la locomotiva partirà con una velocità media. Con

R14 troveremo la posizione zero, cioè quella corrispondente a zero Volt di uscita. Ciò significa che R14 non sarà più in posizione centrale, ma più o meno a destra o sinistra. La velocità della locomotiva deve essere regolabile in tutto il campo di rotazione o di spostamento di R10. Con R9 si può determinare precisamente il campo di regolazione, esso può essere allungato o accorciato. Con questa taratura rendiamo superfluo un lato del ponte di transistori, i quali potrebbero dunque essere eliminati. Ma come si vede dalla foto 2, tavola 1, il dispositivo può trovare un impiego universale, purché sia attrezzato per il funzionamento con corrente continua ed alternata. A questo scopo si montano due potenziometri per R10 ed un trimmer per R9. Con un commutatore si esclude o l'uno o l'altro dei potenziometri e si tara quello in funzione con il trimmer R9.
L'inversione di marcia delle locomotive a corrente alternata avviene come al solito con una sovratensione. Non possiamo però utilizzare il normale trasformatore con il suo pulsante di sovratensione, ma dobbiamo utilizzare altri tre componenti, un pulsante ad azione momentanea con quattro scambi, un condensatore elettrolitico da 2200 μF o meglio ancora da 4700 μF per 35 V ed un diodo 1N4001. In Fig. 6 è mostrato lo schema del circuito. Il condensatore si carica attraverso il diodo e viene mantenuto costantemente sotto tensione. Il collegamento fra il circuito e la presa « uscita per le rotaie » passa per il pulsante in modo che, con il pulsante in posizione di riposo, la piastra sia collegata all'uscita.

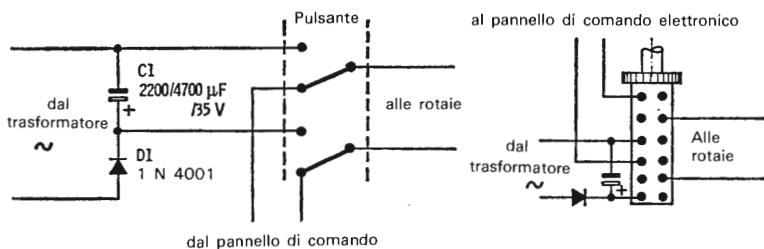



Fig. 6. Schema di collegamento del tasto per la commutazione di sovratensione.

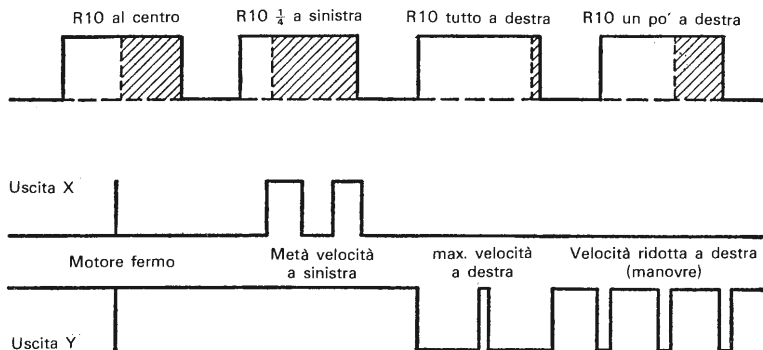



Fig. 7. Diagramma degli impulsi del regolatore di velocità secondo i circuiti di Fig. 2 e 24. Per la posizione centrale della corrispondente manopola (potenziometro) il motore della locomotiva è fermo. Spostando il potenziometro a destra o a sinistra la locomotiva si sposta lentamente o velocemente avanti o indietro.

Quando invece il tasto viene premuto questo collegamento si interrompe e si effettua il collegamento fra il condensatore e le rotaie. Il condensatore si scarica di colpo e fà commutare il relé nella locomotiva.
La Fig. 7 contiene ulteriori informazioni sull'andamento di tensioni in vari punti del circuito in modo da dare delle possibilità di verifica con un oscilloscopio.
Purché i componenti siano in buono stato, il circuito funziona al primo tentativo. Solo componenti difettosi o un'errata taratura possono compromettere il buon funzionamento del dispositivo.
L'apparecchio è stato realizzato parecchie volte e preso in esame da numerosi ferromodellisti. Tutti gli apparecchi hanno superato egregiamente i vari test e sono tuttora in esercizio. Anche un test di lunga durata, con un'ora di funzionamento a velocità ridotta, ed un'ora alla velocità corrispondente a 80 km orari, non hanno evidenziato alcun deterioramento del funzionamento. A causare un cattivo funzionamento possono essere soltanto, come già detto,

dei condensatori elettrolitici polarizzati male, circuiti integrati montati erroneamente ed infine componenti difettosi.
Il dispositivo si può utilizzare solamente per un circuito elettrico con un'unica locomotiva. Per realizzare un comando per più di un treno occorre ampliare la parte 3 e modificare la parte 2 del circuito. Nei telecomandi questo modo di funzionamento viene chiamato funzionamento pluricanale. Anche con i comandi con onde acustiche si lavora con più canali, anche se i segnali vengono trasmessi attraverso le rotaie.
Un funzionamento con più canali e possibile anche con la nostra centrale di comando, ha però lo svantaggio che non è più possibile un'illuminazione del treno indipendente dalla tensione di alimentazione del motore e neanche la trasmissione di segnali acustici attraverso le rotaie. Perciò sceglieremo un altro modo di trasmissione, oggi già molto diffuso nei prodotti industriali, e cioè il telecomando con raggi infrarossi.

2. Telecomandi con raggi infrarossi

2.1 Il principio di funzionamento

I telecomandi con luce modulata non sono una novità. Le barriere luminose per esempio lavorano con della luce modulata. I loro svantaggi principali sono: la luce è visibile, le lampade che generano la luce sono troppo inerti alle alte frequenze, una trasmissione a più canali presenta notevoli difficoltà.
La soluzione è costituita dai diodi luminescenti infrarossi, detti brevemente IRLED. Loro e i corrispondenti fototransistori IR danno molte possibilità per la realizzazione di telecomandi a molti canali. Così si può accendere o spegnere il televisore o l'impianto stereo comodamente dalla poltrona, far aumentare o diminuire il volume, cambiare canale, modificare il colore. Per di più il parlato o la musica si trasmette senza filo, e senza che altri lo sentano, dall'apparecchio alla cuffia dell'ascoltatore.
Le commutazioni avvengono con precisione, la trasmissione audio è perfetta. Per tenere piccolo il dispositivo di comando ed eliminare difetti dovuti alla presenza di molti componenti sono stati sviluppati e prodotti degli appositi circuiti integrati.

Suddividiamo il pannello di comando elettronico mostrato in Fig. 2 nelle sue tre parti, o meglio in due parti, perché alimentazione e generatore d'impulsi rimangono un unico blocco. Il regolatore di velocità forma un blocco a parte e viene montato nella locomotiva o nel tender. Per il sistema di telecomando ci atteniamo strettamente al sistema di trasmissione via radio. Generatore di impulsi, regolatore di velocità e decodificatore esistono in qualsiasi sistema di telecomando. Per i motivi già discussi, non utilizzeremo onde elettromagnetiche nel nostro sistema, ma

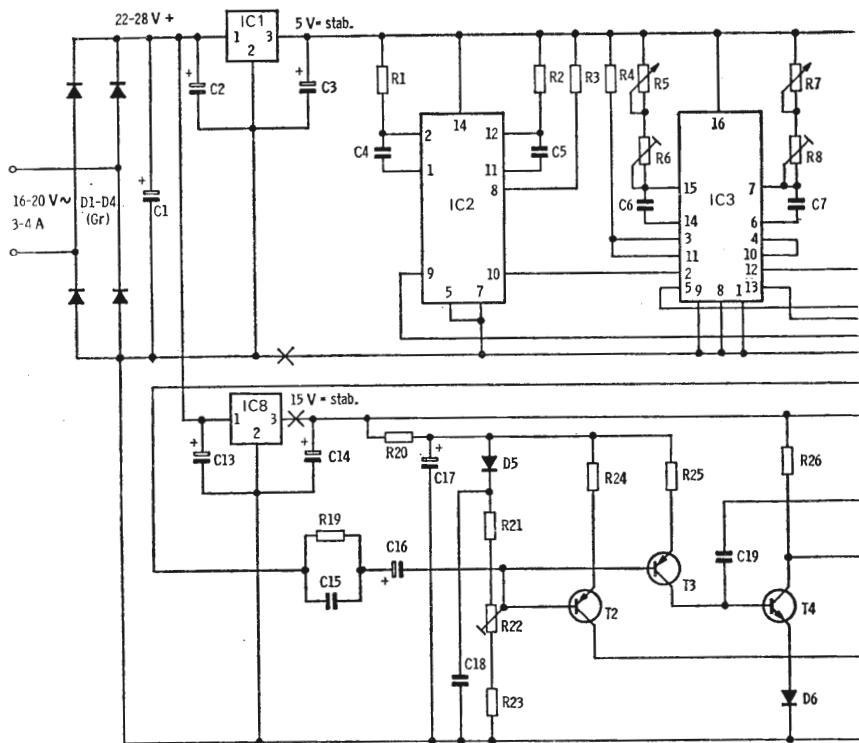
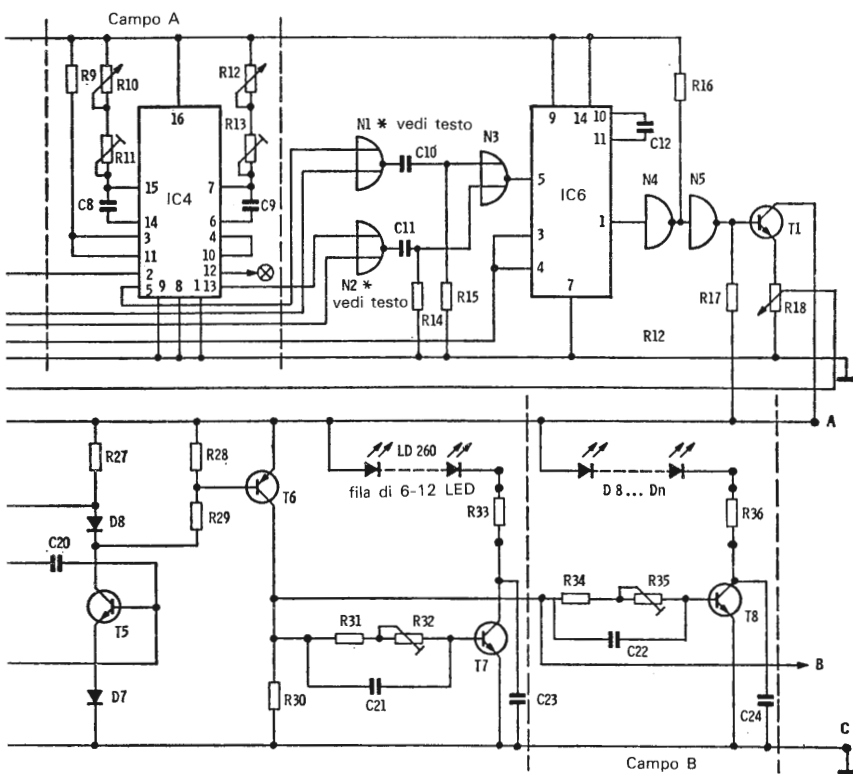



Fig. 8. Schema circuitale del trasmettitore per telecomando all'infrarosso per 4 treni, estendibile per un numero maggiore di treni o riducibile per 2 treni. ✶ e → vedi indicazioni nel testo, vedi indicazioni nel testo e schema circuitale di Fig. 11, ⊗ è la connessione per il circuito supplementare per altri 4 treni. Il campo A non deve essere montato se il circuito viene utilizzato per soli due treni, il campo B viene descritto come circuito supplementare, le connessioni si effettuano nei punti A, B e C.

Elenco componenti per il circuito di Fig. 8:

R1, R19	2 resistenze 22 kOhm
R2	Resistenza 47 kOhm
R3, R4, R9, R23	4 resistenze 10 kOhm
R5, R7, R10, R12	4 potenziometri 10 kOhm, lineari, 1/4 W
R6, R8, R11, R13	4 trimmer 10 kOhm, orizzontali, 1/4 W
R14, R15	2 resistenze 330 Ohm
R16, R17, R30	3 resistenze 470 Ohm
R18	Trimmer 470 Ohm, orizzontale, 1/4 W

R20	Resistenza 100 Ohm
R21	Resistenza 8,2 kOhm
R22, R32, R35	3 trimmer 5 kOhm, orizzontali, 1/4 W
R24, R25	2 resistenze 5,6 kOhm
R26, R27, R31, R34	4 resistenze 2,2 kOhm
R28	Resistenza 180 kOhm
R29	Resistenza 1,8 kOhm
R33, R36	2 resistenze 6,8 Ohm

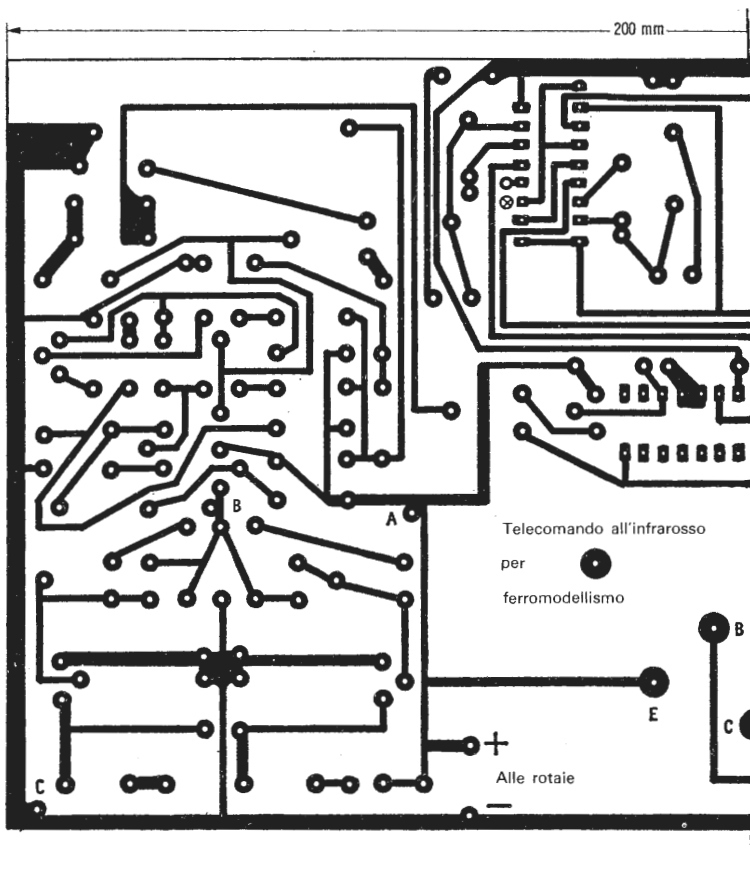
Tutte le resistenze 5-10% di tolleranza, 1/4 Watt.

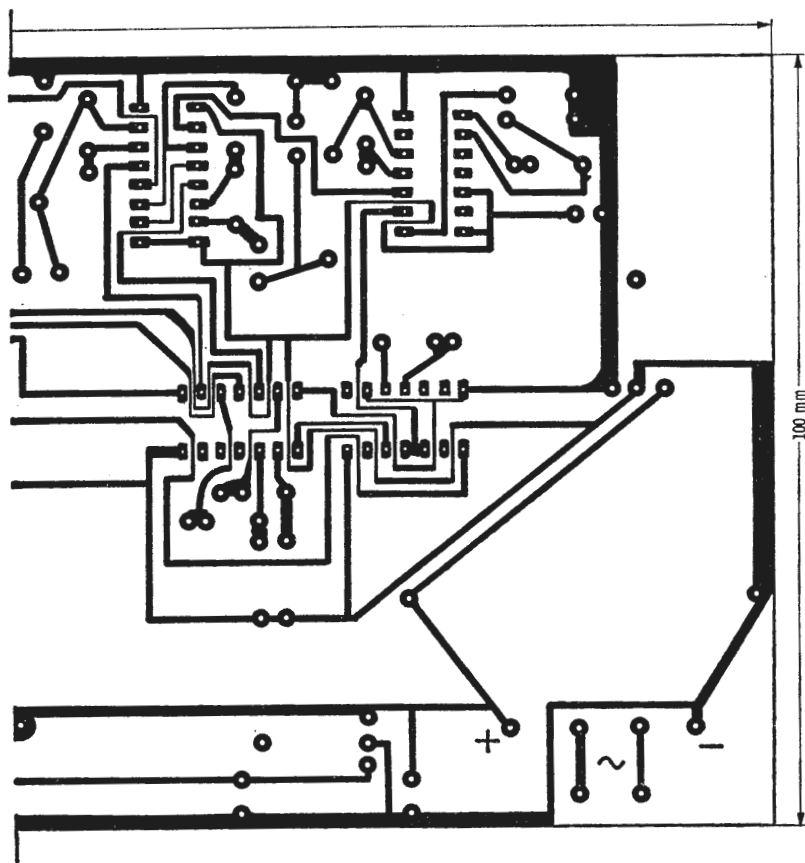
C1	Condensatore elettrolitico 4700 μF, 35-40 V
C2, C3, C13, C14	Condensatori elettrolitici al tantalio 22 μF, 35 V
C4, C5	2 condensatori MKM 0,47 μF, passo 7,5 o 10 mm
C10, C11	2 condensatori ceramici 470 pF
C12	Condensatore MKM 0,33 μF, passo 7,5 o 10 mm
C15	Condensatore MKM 0,022 μF, passo 7,5 o 10 mm
C16	Condensatore elettrolitico 4,7 μF, 16 V
C17	Condensatore elettrolitico 470 μF, 25 V

C18, C23, C24	3 condensatori MKM 0,1 μF, passo 7,5 o 10 mm
C19, C20	2 condensatori MKM 1 nF, passo 7,5 o 10 mm
C21, C22	2 condensatori ceramici 680 pF
D1-D4 (GR1)	4 raddrizzatori B 40 C 4700 o B 40 C 4700
D5, D6, D7, D8	4 diodi 1N 4001 o simili, vedi tabella di equivalenza
D9-Dn	Diodi luminosi infrarossi LD 241, LD 242 o CQ 78 o simili con corrente diretta confrontabile, vedi testo

Fila di diodi emittenti infrarossi, LD 260 o simili con almeno 230 mA di corrente diretta, vedi testo.

IS1	Regolatore di tensione a valore fisso per 5V/1A con corpo di raffreddamento, vedi testo

Fig. 9. Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 8.

IS2	Circuito integrato MIC 74124, SN 74124, generatore d'impulsi
IS3, IS4	2 circuiti integrati SN 74123, multivibratori monostabili doppi, retriggerabili
IS5	Circuito integrato SN 7402, quadrupla porta NOR N1, N2, N3
IS6	Circuito integrat SN 74121, multivibratore monostabile
IS7	Circuito integrato SN 7406, sestuplo invertitore, N4, N5
IS8	Regolatore di tensione a valore fisso per 12 o 15 volts/1 A, 7812 o 7815 o simile
T1, T4, T5	3 transistori BC 547 B o simili, vedi tabella di equivalenza
T2, T3, T6	3 transistori PNP BC 557 B o simili, vedi tabella di equivalenza
T7, T8	2 transistori BC 141 o BC 140 con alette di raffredamento

Nel circuito supplementare di Fig. 12 si trova il transistor NPN di potenza 2N 3055 con un corpo di raffreddamento.

impiegheremo un trasmettitore che genera, modula e irradia dei raggi infrarossi, ed un ricevitore corrispondente. Questo modo di trasmissione ha il vantaggio dell'immunità dai disturbi, ma c'è anche uno svantaggio: mentre le onde radio si propagano ugualmente in tutte le direzioni, nel campo dei raggi infrarossi la direzione di propagazione è determinata dall'orientamento del diodo emittente. Invece di una piccola antenna occorreranno eventualmente più di un diodo, una fila di diodi. Inoltre è necessario provvedere per un irraggiamento a parte di tunnels, sottopassaggi, depositi, ecc. Questi svantaggi possono comunque essere eliminati con pochi componenti supplementari ed un piccolo aumento di potenza. A differenza dei telecomandi via radio non abbiamo a che fare con pile e correnti nell'ordine dei milliampere, ma possiamo impiegare tensioni e correnti più consistenti.
Per quel che riguarda le dimensioni dei dispositivi i due sistemi si equivalgono. Sul lato trasmittente le dimensioni possono anche abbondare, mentre sul lato ricevente bisogna risparmiare su ogni millimetro, come vedremo più avanti.

2.2 Il trasmettitore

L'impianto è predisposto per 4 locomotive in un singolo circuito elettrico, ma può essere variato per l'esercizio con due locomotive senza modifiche sul lato trasmittente. Per la ricezione occorre per ogni locomotiva il gruppo costituito da ricevitore, decodificatore e regolatore di velocità, indipendentemente dal numero di locomotive previste dal trasmettitore. Qui ci siamo decisi per quattro locomotive, perché una persona difficilmente può controllarne un numero maggiore. Inoltre l'utilizzazione di due circuiti integrati permette proprio la realizzazione di quattro canali.
Incominciamo con la realizzazione dell'alimentazione. In Fig. 8 è mostrato lo schema circuitale. Chiaramente non è più sufficiente il normale trasformatore di alimentazione. Innanzitutto il gruppo di

Tavola 1

Foto 1. Grazie all'impiego di circuiti integrati sono sufficienti pochi componenti supplementari per una veloce realizzazione del comando elettronico di velocità.

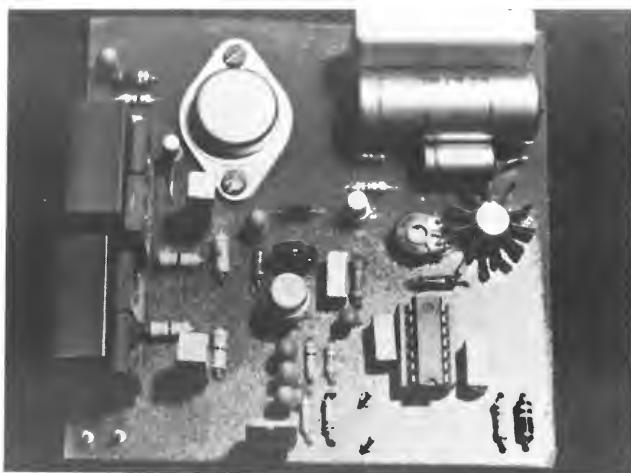



Foto 2. Il regolatore di velocità elettronico nella versione chiusa. Il dispositivo è previsto — come viene spiegato nel testo — per il comando di locomotive sia a corrente continua che a corrente alternata.

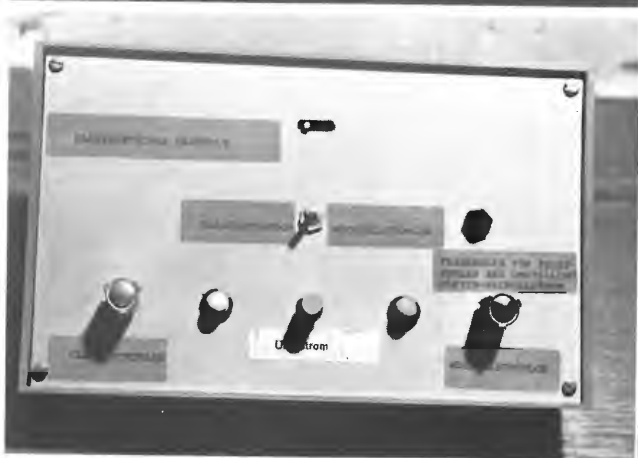



Foto 3. La piastra completa del trasmettitore all'infrarosso. Si noti che la parte che concerne la trasmissione vera e propria — a destra nella fotografia — è realizzata con componenti discreti, mentre la parte riguardante la generazione ed il trattamento degli impulsi — nella parte centrale e superiore della fotografia — consiste quasi esclusivamente di circuiti integrati.

Tavola 2

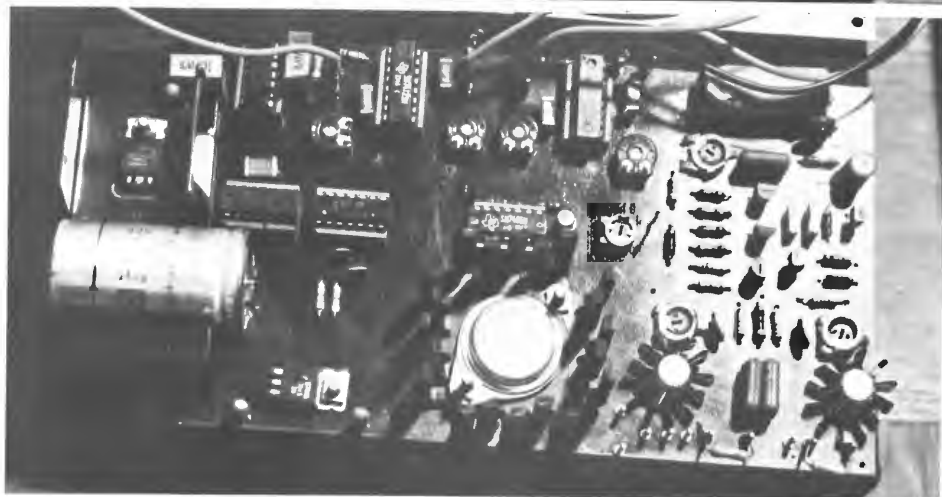
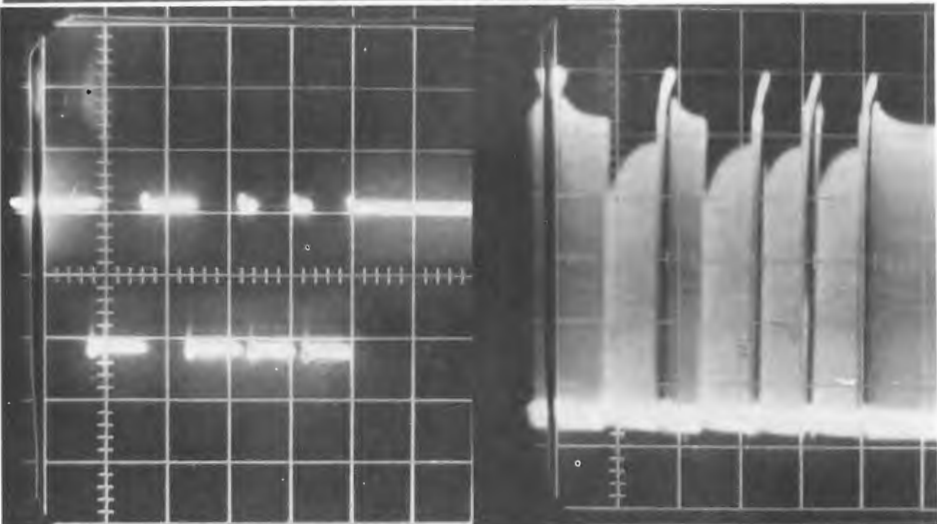



Foto 1. Una fila di diodi emittenti infrarossi, incorporata nel lato stretto della scatola nella quale è montato il trasmettitore. C'è spazio per due file affiancate.

Foto 2. Il coperchio della scatola può essere montato nella centralina di comando.

Foto 3. Oscillogrammi del trasmettitore, a sinistra gli impulsi all'uscita dalla parte di generazione, a destra all'uscita del trasmettitore con i diodi di trasmissione inseriti. Si vede chiaramente che le locomotive 1 e 2 due sono alla massima velocità in avanti, 3 e 4 invece si muovono a piena velocità nell'altra direzione.

modulazione nel trasmettitore richiede una tensione di almeno 12 V e per di più devono essere alimentate quattro locomotive. Per evitare un surriscaldamento del trasformatore dobbiamo impiegarne uno da almeno 6 A.
Questo fatto comporta un certo aumento del costo dell'impianto, ma è sempre più conveniente dell'acquisto di quattro trasformatori normali e di quattro impianti di illuminazione indipendente dalla tensione di marcia. Purtroppo i trasformatori caricabili con correnti elevate si trovano raramente nella versione chiusa, ma la realizzazione di un adatto involucro non dovrebbe essere un problema.
I diodi da D1 a D4 formano il ponte raddrizzatore. Essi devono essere del tipo indicato nello schema circuitale come anche il condensatore C1, il cui valore non deve essere inferiore a quello indicato. IC1 è il circuito integrato già visto nel regolatore di velocità di Fig. 2, lo stesso si può dire dei due condensatori al tantalio. Questa volta dobbiamo però montare un dissipatore di calore, come si vede nella foto 3, tavola 1.
Anche IC2 è montato in modo simile al quello di Fig. 2, ad eccezione del regolatore: il generatore d'impulsi è sincronizzato alla frequenza fissa di 45 Hz. All'uscita 10 compare un segnale costante in frequenza e larghezza che pilota i circuiti integrati IC3 ed IC4. Dall'uscita 9 preleviamo un impulso, la cui ampiezza è opposta a quella dell'uscita 10. L'uscita 10 nella tecnica digitale viene chiamata 1, mentre quella dell'uscita 9 viene indicata con $\bar{Q}$ (si pronuncia « Q negato »). Detto con altre parole, l'uscita 10 fornisce un impulso positivo, l'uscita 9 uno negativo. Si parla anche di logica positiva e logica negativa.
IC3 ed IC4 hanno, ad eccezione di R4 ed R9, la stessa periferia. Sono circuiti integrati del tipo SN 74 123, e si chiamano multivibratori monostabili doppi. Ciò significa che in entrambi sono contenuti due monostabili indipendenti e non collegati fra di loro. Con ognuno di questi monostabili possiamo realizzare un canale, quindi è sufficiente considerare un lato soltanto nella nostra descrizione. Un monostabile è collegato ai piedini 1, 2, 3, 4, 13, 14,

15, l'altro a 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12. Il piedino 8 è il polo negativo dell'alimentazione, 16 quello positivo. 3 ed 11 sono i cosiddetti collegamenti di clear o di preset, li colleghiamo, attraverso le resistenze R4 rispettivamente R9 al polo positivo dell'alimentazione.
I piedini 1 e 9 non vengono utilizzati, li collegheremo a massa. Al piedino 2, che è l'ingresso del primo monostabile, arrivano gli impulsi dall'uscita 10 di IC2. Con R5, R6 e C6 possiamo variare la larghezza degli impulsi all'uscita 13 e comandare così la velocità e la direzione di marcia della locomotiva. La locomotiva si deve arrestare quando il potenziometro si trova in posizione centrale. R6 serve per la taratura fine. L'impulso d'uscita del piedino 4 eccita il secondo monostabile attraverso l'ingresso 10, quello del piedino 12 il terzo monostabile attraverso il piedino 2 del secondo circuito integrato, eccetera . . .
Se vogliamo comandare due sole locomotive possiamo fare a meno dei componenti nel campo tratteggiato di Fig. 8. D'altronde è possibile comandare altri circuiti integrati per un maggiore numero di canali, collegandoli al piedino 12 di IC4. Questo però non è stato previsto per il circuito stampato, il cui schema circuitale è riportato in Fig. 9, la disposizione dei componenti in Fig. 10. Dunque è necessario o fare qualche modifica al circuito stampato originale o provvedere alla costruzione di uno supplementare.
N1, N2, ed N3 sono delle porte NOR e sono formate da 3/4 del circuito integrato IC5, una quadrupla porta NOR. Non vogliamo entrare nei dettagli di funzionamento della porta NOR, e neanche in quelli degli invertitori di IC7. Dalle porte NOR gli impulsi passano ai differenziatori costituiti da C10, R15 e C11, R14, dove vengono trasformati in impulsi ad ago, i quali dopo il passaggio attraverso la porta NOR N3 costituiscono già un segnale multiplex.
Quelli che si sono già occupati del comando di più locomotive con frequenze acustiche sapranno che in questo caso vengono generate delle onde di diversa frequenza in appositi circuiti RC. Ogni frequenza rappresenta in questo caso un singolo canale e vengono trasmesse o singolarmente o tutte insieme attraverso i binari oppu-

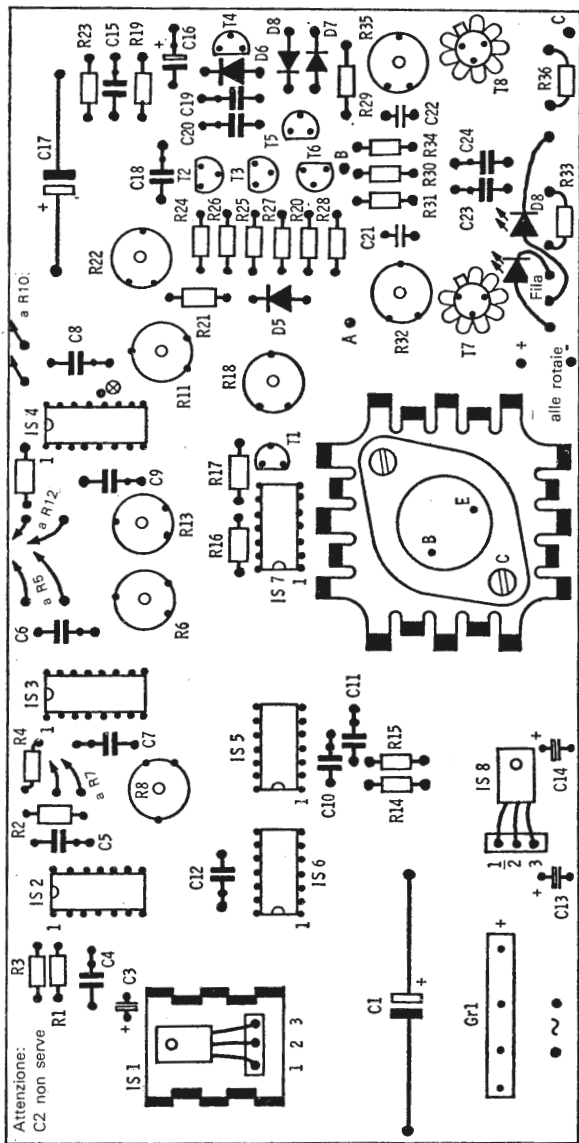



Fig. 10. Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 8. IS1 ed IS2 sono disegnati con la parte metallica rivolta verso il basso. In ⊗ possono essere collegati, con il circuito supplementare, altri 4 canali, in A, B e C altri stadi finali.

re, nel caso di telecomando via radio, attraverso onde radio. Nel ricevitore vengono di nuovo separate con appositi filtri, precisamente ogni canale dispone di un proprio filtro che fà passare solo la frequenza corrispondente al canale stesso.
Nel caso del funzionamento digitale-proporzionale non esiste questa possibilità, in quanto i segnali sono costituiti da impulsi variabili in larghezza. Non è possibile separarli con filtri, ma si offre un'altro procedimento: il multiplex. Gli impulsi provenienti dai multivibratori vengono campionati e trasmessi uno dopo l'altro. Dopo la ricezione un decodificatore o demultiplexer li sistema di nuovo in parallelo. Detto con altre parole: gli impulsi vengono trasmessi in serie (tutte le calcolatrici tascabili e la maggior parte degli orologi digitali adotta questo principio di funzionamento).
IC6 viene pilotato agli ingressi 3 e 4 da IC2. La porta NOR N3 invia gli impulsi attraverso il piedino 5.
Il circuito integrato è, come abbiamo già detto, un multivibratore monostabile retriggerabile. Monostabile significa che il circuito, eccitato da un impulso, passa in uno stato instabile, dal quale ritorna in quello stabile dopo un certo intervallo di tempo. Questo tempo viene determinato dalla circuiteria esterna, nel nostro caso dal condensatore C12 e dal collegamento a massa del piedino 9. Il circuito viene eccitato (o « triggerato ») da IC2 con una frequenza di circa 45 Hz, la larghezza degli impulsi è determinata dagli impulsi ad ago al piedino 5 e dal retriggeramento.
All'uscita del circuito integrato compaiono di nuovo gli impulsi con la loro effettiva larghezza e modulano una radiazione ad alta frequenza oppure, come nel nostro caso, una sorgente di luce. Non ha alcuna importanza se si tratta di impulsi positivi o negativi. Dall'uscita 6 provengono impulsi positivi, dall'uscita 9, quella che utilizzeremo noi, impulsi negativi.
La tensione di alimentazione determina l'ampiezza degli impulsi in uscita che è di circa 5 V. In Fig. 11a ed 11b è mostrato lo schema a blocchi ed il diagramma degli impulsi di larghezza variabile.
I due invertitori formano l'interfaccia fra la parte riguardante gli

impulsi ed il trasmettitore vero e proprio (invertire un segnale significa trasformare gli impulsi positivi in impulsi negativi e vice-

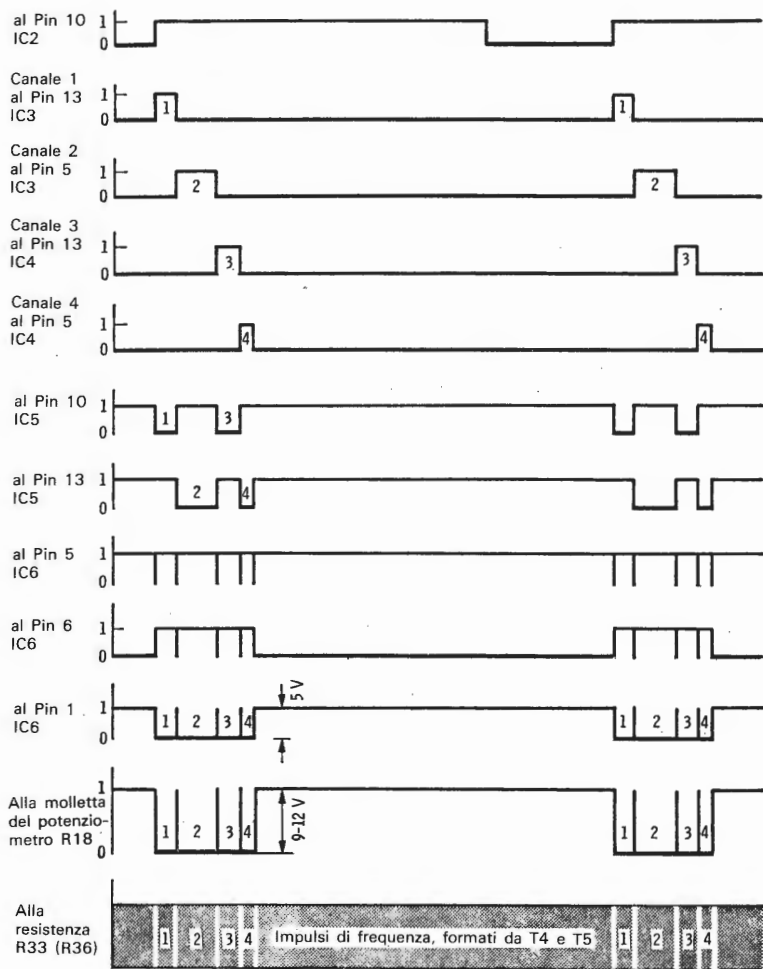



Fig. 11a. Sequenza d'impulsi nel trasmettitore per telecomandi con l'infrarosso di Fig. 8. Le locomotive dei canali 1 e 3 sono ferme, quella del canale 2 viaggia con la massima velocità, quella del canale 4 si muove lentamente in direzione opposta.

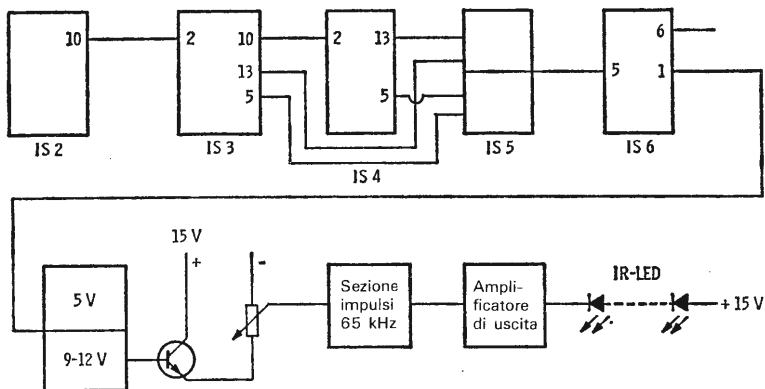
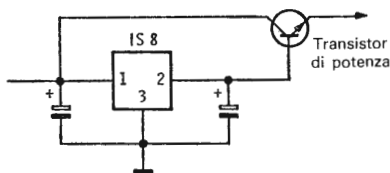



Fig. 11b. Schema a blocchi del trasmettitore per telecomandi con l'infrarosso di Fig. 8.

versa). Essi sono costituiti da un terzo dell'integrato SN 7406, un cosiddetto sestuplo invertitore, ed hanno una tensione d'uscita di 30 V. Ciò non significa che l'ampiezza degli impulsi provenienti da IC6 venga elevata a 30 V o che l'integrato debba essere alimentato con 30 V. I piedini 7 e 14 devono essere collegati come negli altri casi alla tensione di 5 V. L'uscita però è caricabile con 30 V, una tensione che distruggerebbe all'istante gli altri circuiti integrati. La trasmittente adopera una tensione di 15 V, quindi siamo nel campo di caricabilità di IC7.
Ci occorrono due invertitori per riottenere all'uscita il segnale con lo stesso segno come al piedino 1 di IC6. Gli invertitori lavorano a collettore aperto, R16 ed R17 sono le resistenze di collettore. R16 è collegato alla tensione di 5 V, R17 già a quella di 15 V. Gli impulsi provenienti dal secondo invertitore pilotano il transistore T1, dal trimmer R18 possono essere prelevati con un'ampiezza che può raggiungere i 15 V. Per evitare eventuali saturazioni limitiamo quest'ampiezza a circa 9 V, regolandola con il trimmer R18.
La tensione di alimentazione del trasmettitore viene stabilizzata a 15 V da IC8, un regolatore integrato di tensione. Anche la ten-

Fig. 12. Circuito aggiuntivo di Fig. 8.

sione per i binari viene prelevata da questa parte del circuito, e precisamente dai punti segnati con le crocette. Per l'alimentazione di due locomotive è sufficiente che il transistor sia montato su una lamiera di raffreddamento. Per il funzionamento con più di due locomotive questa lamiera non serve, occorre invece aggiungere un transistor di potenza sul quale si applica un dissipatore di calore con alette. In Fig. 12 è mostrato lo schema di collegamento. Il circuito stampato è predisposto per questo ampliamento, che permette, in teoria, l'alimentazione di 14 locomotive. Questo però presupporrebbe un raffreddamento più efficace che non è previsto nella nostra apparecchiatura, la quale è comunque sufficiente per l'alimentazione di 8 locomotive. Un'altra possibilità sarebbe quella di non alimentare le locomotive direttamente dalla trasmittente ma di realizzare un'alimentazione a parte con un trasformatore caricabile con 10 o più Ampère. Quest'alimentatore deve fornire precisamente 15 V di corrente continua stabilizzata, altrimenti bisogna montare in ogni locomotiva un dispositivo di stabilizzazione, come verrà descritto più avanti. Per pilotare più di 8 locomotive occorre comunque, come già detto, ampliare la parte del circuito che fornisce gli impulsi. I 4 segnali devono essere collegati con 4 diodi alle porte NOR N1 ed N2, come è mostrato in Fig. 13.

Il segnale arriva attraverso R19, C15 e C16 ai transistori T2 e T3, che sono delle sorgenti di corrente comandate in tensione, e formano la resistenza di base del multivibratore astabile formato dai transistori T4 e T5 e dai componenti che determinano la frequenza di oscillazione. La frequenza base in assenza di segnale è di circa 65 kHz. Questa frequenza viene variata dagli impulsi che

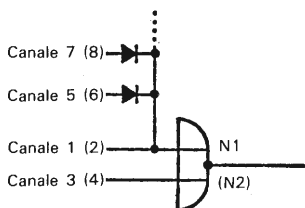



Fig. 13. Estensione di una porta NOR per altri ingressi (per ulteriori canali) tramite diodi. Se si aggiungono due canali si collega un diodo (1N 4001) ad N1 ed N2 del circuito trasmittente. In questo punto viene effettuato il collegamento con il circuito supplementare di Fig. 18, e precisamente da 2 al diodo di N1, da 4 al diodo di N2, ecc. I collegamenti dal piedino 5 dell'integrato IS 74123 devono essere effettuati con N1, quelli del piedino 13 con N2, per 10 canali dunque 5 volte dal pin 5 di IS5 ad N1, e cinque volte dal pin 13 ad N2. Questo corrisponde ai due punti di connessione sulla basetta più 3 diodi collegati con N1 ed N2.

arrivano nella proporzione del 10% per 1 V, cioè una variazione di tensione di 1 V provoca una variazione di frequenza del 10%. Abbiamo dunque a che fare con una modulazione di frequenza (FM) a differenza della modulazione d'ampiezza nella quale viene variata l'ampiezza del segnale. L'amplificatore-limitatore con il transistor T6 migliora i fianchi del segnale e contemporaneamente lo amplifica al valore della tensione di alimentazione. Contemporaneamente il transistor pilota il seguente stadio d'uscita. Il segnale viene prelevato alla sua resistenza di collettore R30.
I due stadi d'uscita sono identici fra loro. Si possono collegare più stadi d'uscita montati su un circuito stampato supplementare.
Certamente un oscilloscopio non fa parte dell'attrezzatura standard del ferromodellista. Un tester universale invece è uno strumento indispensabile per l'elettronico dilettante. Esiste la possibilità di acquistarlo (ma, per favore, non uno da quattro soldi) o di realizzarlo in proprio (sfruttando ad esempio le proposte del volume *Strumenti di misura e di verifica* di H. Stöckle, della stessa casa editrice). In ogni caso dovrebbe avere più campi di misura per ottenere misure di una sufficiente precisione e poter misurare almeno fino ad 1 MΩ, 1000 V di tensione continua ed alternata ed 1 A di corrente continua. Strumenti con prestazioni ancora più elevate non sono indispensabili al ferromodellista, ma possono essere di grande utilità nell'elettrotecnica. Chiaramente sarà maggiore anche il costo.

Uno strumento di misura è assolutamente necessario per la taratura del nostro circuito. I transistori T7, T8 ed eventualmente altri, possono pilotare fino a 12 LED all'infrarosso. A questo scopo si fissa, agendo sui trimmer R32, R35, ecc., la corrente di collettore a circa 200 mA. Si allontana temporaneamente la resistenza limitatrice R33 (R36 ecc.) e si collega al suo posto un amperometro. Il dispositivo deve essere acceso per almeno 15 minuti, i trimmer rimangono in posizione centrale. Lo strumento che inizialmente aveva indicato una corrente di circa 160 mA indicherà valori più elevati man mano che più diodi LED entrano in funzionamento. Il valore della corrente di collettore non dovrebbe essere maggiore di 210 mA, il limite viene imposto attraverso il trimmer. Qualora questo non sia possibile bisogna aumentare il valore della resistenza d'ingresso (R31 ecc.) a 3,3 kΩ.
Se dopo circa 15 minuti la corrente di collettore si è stabilizzata, si agisce sui trimmer in modo da portarla definitivamente al valore di 210 mA e quindi si rimonta la resistenza limitatrice. Questa taratura viene eseguita una sola volta durate la fase di montaggio. I condensatori C23 e C24 non hanno importanza per il funzionamento del circuito, ma servono ad impedire un irradiamento dell'alta frequenza da parte dei corpi metallici dei transistori di pilotaggio i quali sono collegati con il collettore. Per meno di 6 diodi è sufficiente che i transistori di pilotaggio siano del tipo BC 140 oppure BC 141, per più diodi occorre utilizzare dei BC 140-16 oppure BC 141-16. Su di essi verranno montati dei corpi di raffreddamento.
Nella foto 3, tavola 1, è mostrato il prototipo realizzato dall'autore. La fila di diodi viene montata sul coperchio o su una parete laterale della scatola.
Una singola emittente di raggi infrarossi comunque non è sufficiente per un impianto, per piccolo che sia. Bisogna montarne di più, ed è conveniente utilizzare delle file di diodi già premontate. Nell'apparecchio mostrato in figura i diodi sono incorporati in un riflettore. Il numero di diodi dipende dalle dimensioni dell'impianto, tenendo conto del fatto che l'intensità della luce diminuisce col

quadrato della distanza: anche l'infrarosso è una forma di luce!
L'idea di montare il dispositivo verticalmente sopra l'impianto non è di grande utilità. Se non si ha a disposizione un locale molto alto, la fila di diodi si verrà a trovare solo 1,5 metri al di sopra dell'impianto e riuscirà a raggiungere un campo con un diametro di circa 1,80 metri, perché l'angolo di apertura di quasi tutti i diodi emittenti è di 60 gradi. Se la distanza diminuisce ad 1 metro, il diametro dell'area sarà di 1,20 metri. Si deve dunque scegliere un punto dal quale si può raggiungere tutto l'impianto, e questo punto non deve essere necessariamente verticalmente sopra l'impianto, ma può anche essere spostato lateralmente. Se la distanza fra l'impianto e il trasmettitore è molto grande bisogna aggiungere un'altra fila di diodi, collegandola al transistor T8.
Fondamentalmente, il transistor T8 ha un'altra funzione. I raggi emessi dai diodi non riescono a raggiungere tutta l'area dell'impianto a causa dell'esistenza di zone d'ombra, ad esempio nelle valli, nelle gallerie o addirittura nei depositi sotterranei, ed in questi punti bisogna montare dei singoli diodi all'infrarosso con riflettori costruiti in proprio oppure delle piccole file di diodi con due o tre LED.
I diodi verranno collegati in serie e montati in modo da poter illuminare sufficientemente le zone d'ombra. Il loro numero non dovrebbe essere maggiore di 12, la corrente totale viene di nuovo fissata a 210 mA. Per i collegamenti possono essere usati i fili normalmente impiegati nel campo del ferromodellismo.
Per impianti maggiori le cose si complicano un po'.
Siccome occorre montare in partenza due file di LED il transistor T8 risulta già occupato ed è necessario costruire un ulteriore circuito stampato secondo le Fig. 14 e 15. Il circuito corrisponde ad uno stadio finale che viene collegato con un cavo schermato a due conduttori ai punti A, B e C del circuito stampato principale. La schermatura viene collegata al punto C. Ogni piastra supplementare di questo tipo è in grado di alimentare 12 LED, la cui corrente totale verrà di nuovo fissata a 210 mA prima di montare la resistenza R1 di Fig. 14. Naturalmente possiamo, nel caso che

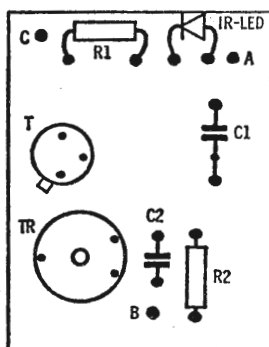
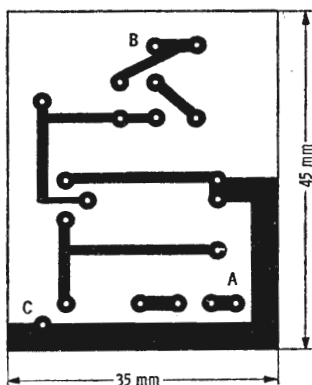



Fig. 14. sin. Pianta d'incisione per il circuito supplementare di amplificazione finale.
Fig. 15. des. Disposizione dei componenti sulla basetta dell'amplificatore finale. A, B e C vengono collegati con i corrispondenti punti del circuito trasmittente.

Elenco dei componenti per il circuito di Figg. 14 e 15:

R1	Resistenza 6,8 kOhm
R2	Resistenza 2,2 kOhm
C1	Condensatore MKM 0,1 μF, passo 7,5 o 10 mm
C2	Condensatore ceramico 680 pF
TR	Trimmer 10 kOhm, 1/4 Watt, orizzontale
T	Transistore NPN BC 140, BC 141 o simile, vedi circuito di Fig. 8
IR-LED	Diodo o fila di diodi emittenti infrarossi, vedi circuito di Fig. 8.

non sia previsto per l'illuminazione di tutto l'impianto, fissare il circuito stampato nei punti per i quali è previsto.
Nonostante la presenza della schermatura conviene impiegare dei collegamenti il più possibile corti. I trimmer vengono posizionati soltanto una volta, dopo quest'operazione la scatola, o le scatole di protezione possono essere chiuse, i circuiti stampati aperti montati nei punti previsti per il loro alloggiamento. Il trasmettitore non deve essere acceso e subito dopo spento, perché ciò impedirebbe l'assestamento del multivibratore T4-T5. Bisogna attendere almeno un minuto.
I potenziometri di regolazione vengono collegati con cavetti normali ad esempio cavetti per altoparlanti) al circuito stampato prin-

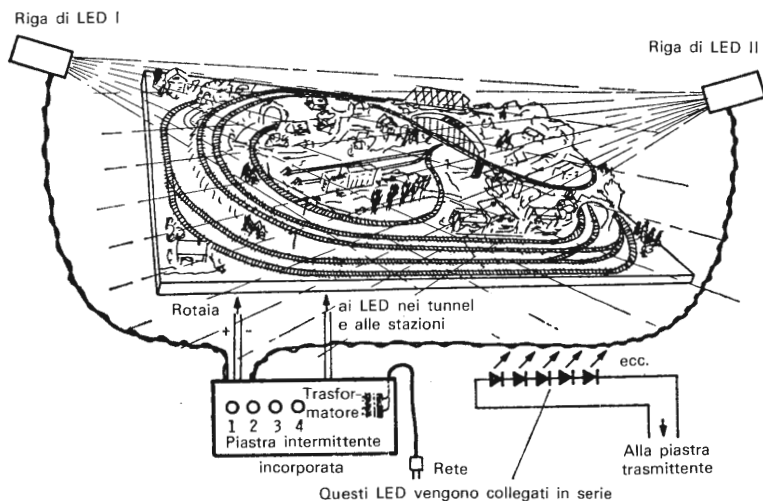



Fig. 16. Configurazione e montaggio dell'impianto trasmittente. Tutta l'area dell'impianto viene irradiato da due file di LED IR da due lati opposti. In questo modo si possono raggiungere anche degli angoli altrimenti non raggiungibili. Un terzo collegamento porta ai LED nei tunnels e nelle stazioni.

cipale o eventualmente alle piastrine supplementari (vedi Fig. 17 e 18). A questo punto il dispositivo è completo e pronto per il funzionalento.

Il montaggio non è problematico – grazie all'impiego dei circuiti integrati – purché vengano rispettate alcune regole fondamentali. Il saldatore non deve superare i 30 Watt, meglio ancora se è di 16 Watt. Lo stagno non deve avere un diametro superiore ad 1 mm e deve essere una lega di stagno-piombo con un'anima di colofonia. Il montaggio dei componenti viene eseguito secondo la successione indicata nel primo capitolo, incominciando con il montaggio dell'alimentazione per poter verificare le tensioni. Per i circuiti integrati montiamo degli zoccoli, non tanto per il prezzo dei circuiti integrati quando per poter eseguire delle correzioni e realizzare dei ponti in caso di errori di montaggio. Per il resto si mon-

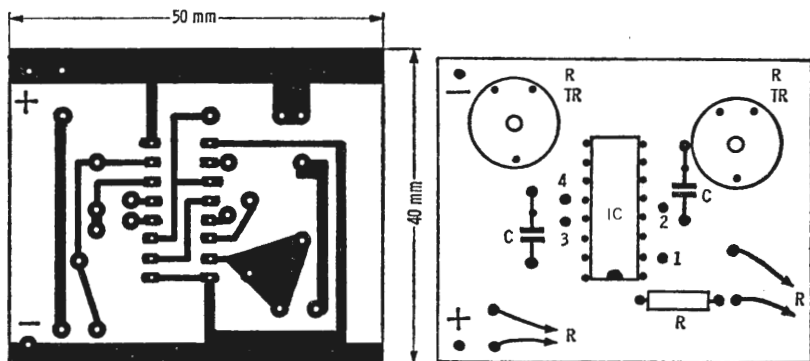



Fig. 17. Pianta d'incisione per la piastra supplementare per il collegamento di altri due canali.
Fig. 18 (destra) Disposizione dei componenti per il circuito supplementare di Fig. 17. In « + » e « — » viene applicata la tensione di alimentazione di 5 Volt. Nei punti indicati con le frecce e con « R » vengono collegati due potenziometri da 10 kOhm per la regolazione della velocità. In 1 arriva il collegamento con il punto ⊗ della piastra trasmittente. In 4 può essere effettuato un ulteriore collegamento con un'altra piastra aggiuntiva. 2 e 3 sono le uscite per i diodi aggiuntivi come in Fig. 13.

Elenco dei componenti per il circuito di Figg. 17 e 18:

R	Resistenza 10 kOhm
RTR	2 trimmer 10 kOhm, 1/4 Watt, orizzontale
C	2 condensatori MKM 0,15 F, passo 7,5 o 10 mm
IS	Circuito integrato SN 74123, multivibratore monostabile doppio
R	Uscita per due potenziometri o cursori, 10 kOhm, 1/4 W
Punto 1	Ingresso da ⊗ di IS4 del circuito di Fig. 8
Punto 2	Uscita per il diodo di estensione della porta NOR di N1
Punto 3	Uscita per il diodo di estensione della porta NOR di N2
Punto 4	Uscita per un'ulteriore circuito supplementare dopo questa piastra, da collegare con il punto 1 della nuova piastra.

tano nella solita successione le resistenze, i condensatori, i diodi ed i transistori. Per i diodi ed i condensatori elettrolitici bisogna assolutamente rispettare la corretta polarizzazione.
Il trasmettitore dovrebbe funzionare subito, purché i componenti non siano difettosi o siano stati scambiati fra di loro. Se sono stati polarizzati male circuiti integrati, condensatori elettrolitici o diodi, ciò non soltanto compromette il funzionamento del dispositivo ma

può anche provocare la distruzione dei circuiti integrati. In un caso del genere non c'è altra via che quella di esaminare il circuito pezzo per pezzo. I proprietari di un oscilloscopio possono considerarsi fortunati in quanto possono esaminare i vari punti secondo le indicazioni di Fig. 11 e localizzare così i punti difettosi.
Ancora un consiglio per i principianti e gli elettronici d'occasione: è consigliabili acquistare tutti i componenti ed anche i circuiti integrati in numero maggiore di quello strettamento necessario, almeno il doppio. La differenza di prezzo è minima, mentre è molto seccante trovarsi con un componente difettoso la sera o un giorno di festa e non avere con che sostituirlo.

2.3 Il ricevitore

La Fig. 19 mostra lo schema circuitale realizzato attorno al circuito integrato SO 41 P. Questo circuito è analogo a molti circuiti di ricezione dei telecomandi in televisori ed impianti stereofonici, a differenza dello stadio d'ingresso, il quale in questi casi è la bobina di alta frequenza. Inoltre le due bobine dello stadio d'ingresso e dello stadio d'uscita vengono impiegate come filtri di banda. Essi sono dei circuiti risonanti con la bobina ed il condensatore situati all'interno di un corpo metallico che ha la funzione di una schermatura. La bobina viene sintonizzata dall'esterno tramite un nucleo a vite. Questi filtri di banda sono stati impiegati nei primi ricevitori e si trovano già completi in commercio. La foto 3, tavola 3, mostra il circuito di ricezione e quello di decodifica, pronti per il montaggio nel tender. Osservando attentamente la fotografia si scorge un filtro di banda nel circuito.
Questi filtri hanno dato dei buoni risultati, ma bisogna tenere conto del fatto che è quasi impossibile costruire due ricevitori con le stesse caratteristiche a causa delle tolleranze dei vari componenti fra il 5 ed il 20%.
Anche la sintonizzazione dei filtri è molto difficoltosa. Non si possono impiegare a questo scopo dei normali cacciaviti perché la

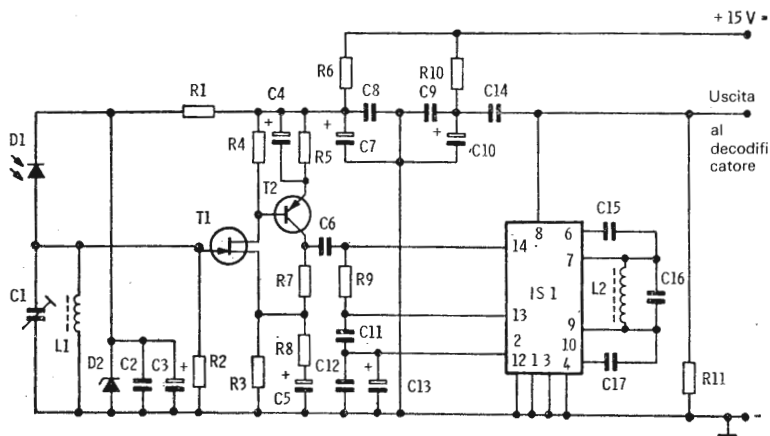



Fig. 19. Schema circuitale del ricevitore per telecomandi con raggi infrarossi.

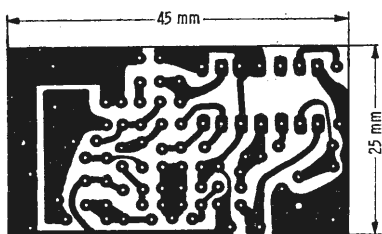
Elenco dei componenti per il circuito di Fig. 19:

R1, R9	2 resistenze 4,7 kOhm
R2	Resistenza 470 kOhm
R3	Resistenza 6,8 kOhm
R4	Resistenza 27 kOhm
R5, R11	2 resistenze 22 kOhm
R6	Resistenza 220 kOhm
R7	Resistenza 10 kOhm
R8	Resistenza 330 Ohm
R10	Resistenza 10 Ohm
T1	Transistor ad effetto di campo BF 245C o E 300
T2	Transistor PNP BC 560C

Tutte le resistenze 1/16 Watt miniatura, ± 5% di tolleranza, al massimo 1/8 Watt, ± 5% di tolleranza.

C1	Condensatore variabile 5-60 pF
C2, C8, C9, C12	4 condensatori ceramici a disco, min., 10 nF
C3, C7, C10, C13	4 condensatori elettrolitici al tantalio 22 μF/10 Volt
C4, C5	2 condensatori elettrolitici al tantalio 0,470 μF/10 Volt
C6, C11, C14	3 condensatori ceramici a disco, miniaturizzati, 22 nF
C15, C17	2 condensatori MKM 1 nF, passo 7,5 mm
C16	Condensatore MKM 4,7 nF, passo 7,5 mm

Tutti i condensatori elettrolitici inversione al tantalio da 10 Volt.

L1	Bobina 100 mH
L2	Bobina 1 mH
D1	Fotodiodo o fototransistor BPW 34, BP 104, BPX 91 o simile, vedi tabella di equivalenza
D2	Diodo Zener 5,6 Volt, 400 mW
IS	Circuito integrato SO 41P, amplificatore di frequenza intermedia

Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 19.

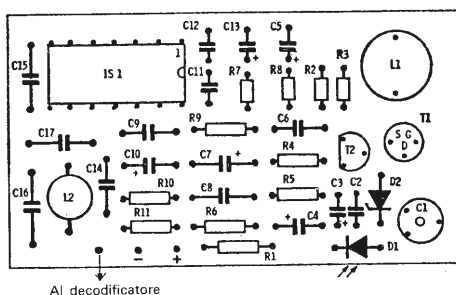



Fig. 21. Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 19.

loro punta metallica altera le caratteristiche del circuito. Bisogna utilizzare strumenti speciali o mezzi ausiliari come punte di legno. Inoltre è assolutamente indispensabile un oscilloscopio. Sul mercato si trovano anche dei circuiti risonanti con valori fissi dell'induttanza il cui circuito d'uscita è dimensionato in modo da non richiedere una sintonizzazione, nel circuito d'ingresso è sufficiente agire su un condensatore variabile (anche qui con punte di legno) ed eventualmente si può anche variare leggermente il trimmer R22 del circuito di trasmissione.

La tensione sul diodo di ricezione viene limitata ad un valore di circa 5 V dal diodo D2. La bobina L1 forma, assieme con il condensatore variabile, lo stadio d'ingresso, inoltre cortocircuita la corrente continua del diodo e i disturbi a bassa frequenza. Questo è di grande importanza per il caso in cui il treno venga illuminato con lampade fluorescenti. Il rumore di 100 Hz verrebbe passato al circuito e disturberebbe il comando. T1 e T2 formano uno stadio di amplificazione con un guadagno elevato. T1 è un transistor ad

Tavola 3

Foto 1. I tre circuiti dell'impianto di ricezione, in basso il ricevitore con il diodo ricevente BPY 79, a destra il decodificatore, a sinistra il regolatore di velocità, collegato al canale 3 del decodificatore. Questi tre circuiti devono essere montati su ogni locomotiva.

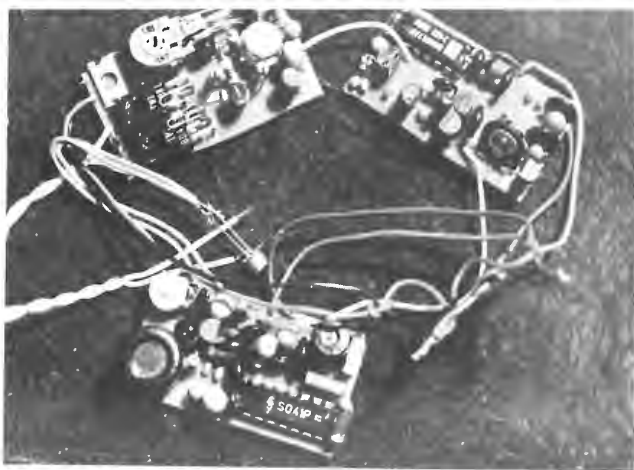



Foto 2. I componenti miniaturizzati utilizzati per la realizzazione dell'impianto di ricezione. In alto a sinistra resistenze miniaturizzate, come paragone una spilla, in basso a destra condensatori elettrolitici al tantalio, a sinistra condensatori in miniatura.

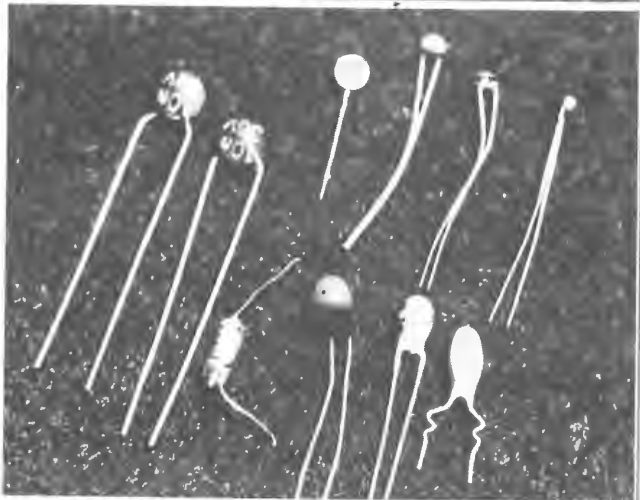



Foto 3. In alto a sinistra un normale impianto di ricezione per telecomandi via radio a quattro canali, pronto per il montaggio in un modello. In alto a sinistra il ricevitore e il decodificatore per telecomandi all'infrarosso. Questo blocco, pronto per il montaggio e sigillato nella resina, è notevolmente più piccolo, nonostante che si tratti di un modello sperimentale, realizzato con filtri di banda. I due circuiti in basso sono versioni sperimentali dei dispositivi per le sezioni di blocco, a sinistra il trasmettitore, a destra il ricevitore.

Tavola 4

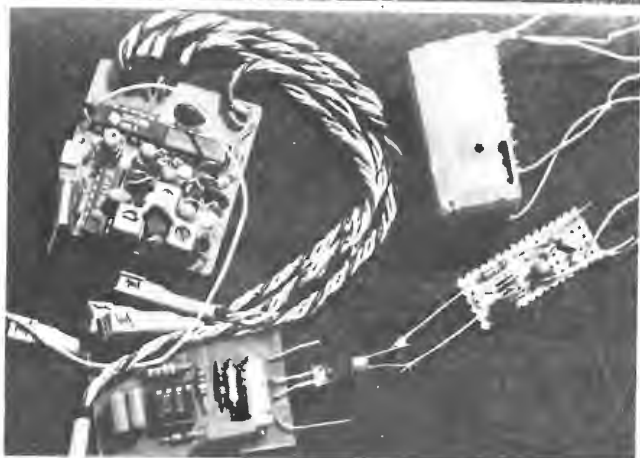
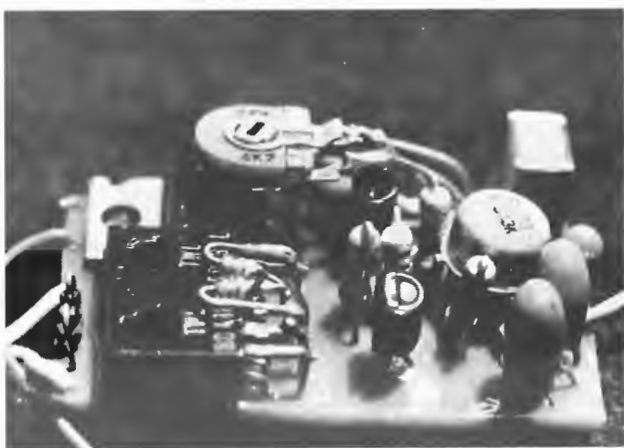



Foto 1. Il circuito di regolazione della velocità. La fotografia mostra come sono stati montati i transistori di pilotaggio ed i diodi di protezione.

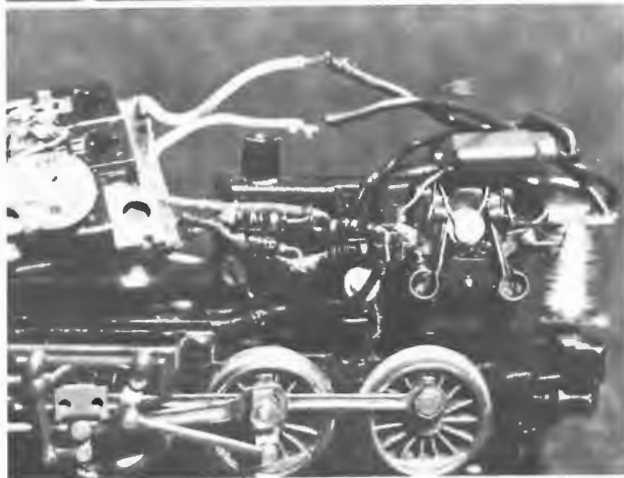



Foto 2. Da questa locomotiva è stato smontato il relais di commutazione per la corrente alternata, è stato invece collegato il regolatore di velocità. I quattro diodi (nel centro della fotografia) formano il raddrizzatore a ponte.

Foto 3. La piastrina del circuito di regolazione della velocità entra nella locomotiva.

effetto di campo, chiamato brevemente FET ed è assolutamente necessario nel nostro circuito. I transistori normali richiedono una certa potenza per il pilotaggio, che è il prodotto fra la tensione e la corrente d'ingresso, i FET invece possono essere pilotati quasi senza perdita di potenza in quanto non c'è corrente d'ingresso: è sufficiente che all'ingresso venga applicata una tensione, anche minima, dell'ordine dei microvolt. I collegamenti non vengono più denominati base, emettitore e collettore, ma gate (griglia), drain (pozzo) e source (sorgente). Non possiamo qui entrare dei dettagli del loro funzionamento. T1 e T2 ed il circuito integrato forniscono un'amplificazione di circa 1.000.000 ed inviano dunque un segnale sufficientemente intenso al decodificatore.
Tutti i componenti devono essere sistemati su una piastrina di 45 × 25 mm, ed anche gli altri gruppi saranno montati su una piastrina delle stesse dimensioni, per potere essere alloggiati all'interno di una locomotiva del tipo HO della Märklin. Nelle Figg. 20 e 21 sono mostrati lo schema circuitale e la disposizione dei componenti. Il materiale della basetta deve essere resina epossidica, le traccie devono essere stagnate. Le traccie sono disposte in modo da evitare accoppiamenti ed oscillazioni che potrebbero compromettere il funzionamento del circuito ma ciononostante bisogna disaccoppiare la ricezione dalla tensione di alimentazione. Questo disaccoppiamento viene realizzato tramite i R6, R10, C7, C8, C9 e C10. All'uscita il segnale demodulato, ma non ancora disaccoppiato, viene prelevato dalla resistenza R11.
Si devono ancora rispettare certe regole riguardanti il montaggio del circuito. Il circuito integrato viene montato senza zoccolo per motivi di spazio. Esso viene montato per primo e si devono assolutamente evitare errori di polarizzazione. Tutti i componenti devono essere miniaturizzati. I condensatori devono essere ceramici o al tantalio ad eccezione di C15, C16 e C17 che sono condensatori a carta metallizzata. Le resistenze non devono avere più di 1/8 di Watt, meglio ancora 1/16, e vanno montate verticalmente. Nella foto 2, tavola 3, sono mostrate resistenze miniaturizzate di piccolissime dimensioni.

I diodi del tipo BPW 34, impiegati come diodi di ricezione, hanno dato delle ottime prestazioni. La Siemens produce un nuovissimo diodi all'infrarosso, il tipo BP 104, che dispone di un filtro infrarosso incorporato. Si possono impiegare anche altri tipi, come il BPX 9, il TIL 78 (solo per impianti piccoli a breve distanza!) o fototransistori del tipo BPY 61 o BPX 81. I fototransistori non hanno il piedino di collegamento alla base. In appendice sono riportate le indicazioni per la corretta polarizzazione, anche dei condensatori elettrolitici al tantalio.
È ovvio che il montaggio del ricevitore richiede più attenzione che non quello del trasmettitore. Le piste conduttrici sono estremamente strette e la distanza fra di loro è minima. Dopo il montaggio bisogna fare una verifica dei collegamenti con la lente di ingrandimento.
La taratura definitiva in mancanza di un oscilloscopio può avvenire solo dopo il completamento di tutti i gruppi.

2.4 Il decodificatore

Normalmente nei telecomandi vengono utilizzati registri a scorrimento, più precisamente registri a scorrimento ad anello, per la realizzazione del decodificatore.
Nella foto 3, tavola 3, è mostrato un ricevitore a 4 canali per il telecomando di modelli aerei, realizzato dall'autore con un registro a scorrimento, il circuito integrato SN 74 L 95. L'impulso di comando viene spostato ciclicamente nel registro. Telecomandi più moderni utilizzano dei contatori ai quali viene inviato il segnale codificato nel codice BCD da parte di contatori digitali (SN 7490). Dalla figura si vede che in questi casi occorre comunque un circuito integrato in più, il quale non troverebbe spazio sulla nostra basetta.
Il circuito rappresentato in Fig. 22 mostra un'altra soluzione. Qui viene utilizzato il contatore decimale CD 4017, un circuito integrato in tecnologia CMOS. Come vedremo più avanti, questo

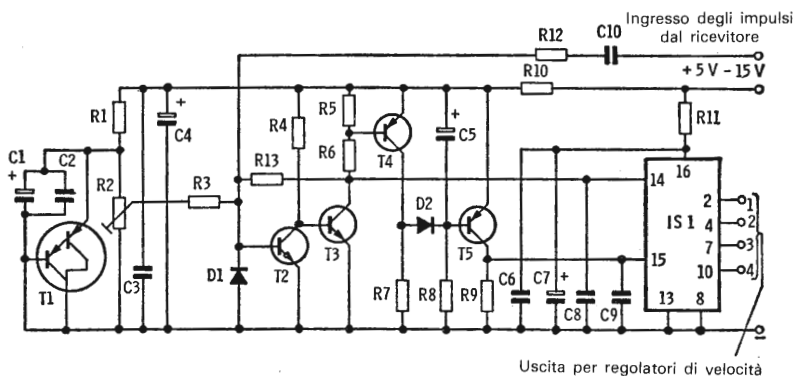



Fig. 22. Schema circuitale del decodificatore. Nella versione a 8 canali le uscite del circuito integrato sono da collegare con il seguente ordine: Pin 2 - Canale 1, Pin 4 - Canale 2, pin 7 - Canale 3, Pin 10 - Canale 4, Pin 1 - Canale 5, Pin 5 - Canale 6, Pin 6 - Canale 7, Pin 9 - Canale 8. Per la versione a 10 canali: Pin 3 - Canale 1, Pin 2 - Canale 2, Pin 4 - Canale 3, Pin 7 - Canale 4, Pin 10 - Canale 5, Pin 1 - Canale 6, Pin 5 - Canale 7, Pin 6 - Canale 8, Pin 9 - Canale 9, Pin 11 - Canale 10.

Elenco dei componenti per il circuito di Fig. 22:

R1 Resistenza 1 kOhm
R2 Trimmer 10 kOhm, miniaturizzato, verticale
R3, R8 2 resistenze 47 kOhm
R4, R7, R9 3 resistenze 10 kOhm
R5 Resistenza 2,2 kOhm
R6 Resistenza 6,8 kOhm
R10, R11 2 resistenze 100 Ohm
R12 Resistenza 100 kOhm
R13 Resistenza 3,3 MOhm
Tutte le resistenze 1/16 Watt, ± 5% di tolleranza, al massimo 1/8 Watt, ± 5% di tolleranza.
C1 Condensatore elettrolitico al tantalio 2,2 F/10V
C2, C3, C6, C10 4 condensatori ceramici a disco, miniaturizzati, 22 nF
C4, C7 2 condensatori elettrolitici al tantalio 22 μF
C8, C9 2 condensatori ceramici a disco, miniaturizzati 10 μF
C5 Condensatore elettrolitico al tantalio, 1 μF/10 V
D1 Diodo 1N 4148 o simile, vedi tabella di equivalenza
D2 Diodo al germanio AA 118 o simile, vedi tabella di equivalenza
IS1 Circuito integrato CMOS CD 4017, contatore decimale
T1 Transistor Darlington, BC 516
T2, T3 2 transistori NPN BC 549C
T4, T5 2 transistori PNP BC 557B

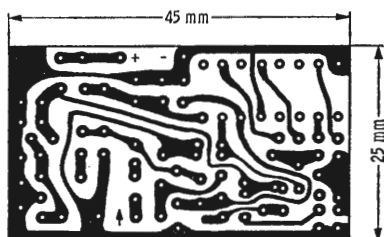



Fig. 23 (in alto) Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 22.

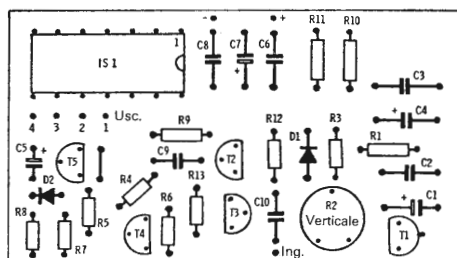



Fig. 24 (basso) Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 22.

contatore ci dà la possibilità di ampliare il decodificatore fino a 10 canali con l'utilizzazione degli ingressi qui non sfruttati.
Nel campo dei telecomandi via radio si parla di rivelazione di intervalli: il circuito deve essere in grado di distinguere gli intervalli fra i singoli impulsi da quelli fra i gruppi di impulsi per poter azzerare il contatore con un impulso di reset (azzeramento). Questa distinzione viene realizzata dal blocco T4, T5.
Il transistor T1, un transistor darlington, si trova in un collegamento a diodo e genera la tensione di riferimento di circa 1,2 V come soglia per il trigger di Schmitt formato da T2 e T3. Un trigger di Schmitt è un dispositivo che passa bruscamente in conduzione quando la tensione d'ingresso supera un certo valore. La tensione alla quale avviene questo passaggio si chiama tensione di soglia.
La tensione di soglia è regolabile in un campo relativamente ampio, per evitare un'eventuale saturazione del dispositivo, e anche per poterlo pilotare con impulsi di bassa intensità. In

assenza d'impulsi la tensione d'ingresso è sotto il livello della tensione di soglia, il trigger, paragonabile quasi ad un monostabile, non cambia stato. Solo quando l'ingresso supera la tensione di soglia il trigger passa in conduzione. Quando la tensione si abbassa nuovamente dopo il passaggio dell'impulso, il dispositivo ritorna allo stato d'interdizione. La tensione alla quale avviene questo secondo passaggio è leggermente inferiore alla tensione di soglia; questo comportamento è detto *isteresi*. La differenza fra le due tensioni, dovuta all'isteresi, deve essere tenuta molto piccola.
Alla base del transistor T2 vengono sommate la tensione di riferimento dovuta a T1 e quella degli impulsi d'ingresso. Quando la tensione di soglia viene superata dal segnale d'ingresso anche soltanto di pochi microvolt, il trigger passa in conduzione. Viceversa esso chiude appena la tensione si abbassa di pochi microvolt al di sotto del valore di soglia. Anche quando si voglia passare da una forma d'onda sinusoidale ad una rettangolare si utilizzano generalmente dei trigger di Schmitt.
Gli impulsi in arrivo all'ingresso 14 dell'integrato fanno avanzare il contatore da un canale all'altro. Se non venisse inviato l'impulso di reset, il contatore si fermerebbe all'ultimo canale. È qui che interviene il rivelatore degli intervalli formato da T4 e T5 e, soprattutto, da D2, R8, R9 e C5.
Il principio di funzionamento è il seguente: C5 si carica attraverso R8. Quando la tensione ai capi del condensatore supera la tensione di soglia del transistor T5 questo va in conduzione. Ai capi della resistenza sul collettore R9 si genera un impulso con l'ampiezza pari alla tensione di alimentazione. Questo impulso di reset azzera il contatore. Affinché il condensatore C5 si possa caricare, è necessario che l'intervallo fra due impulsi sia maggiore di 4,5 ms. Gli intervalli fra gli impulsi nei gruppi di impulsi costituenti il segnale sono di durata minore. Quando il trigger è a zero il condensatore si scarica attraverso il diodo D2 e non riesce a caricarsi nei brevi intervalli, mentre T4 in questo caso conduce.
D2 deve essere un diodo al germanio per avere una resistenza sufficientemente bassa.

Con questo abbiamo spiegato il principio di funzionamento del decodificatore e chiarito ancora di più il concetto del multiplexing. È chiaro che il decodificatore può essere impiegato anche per 10 canali in quanto conta fino a 10 (più esattamente da 0 a 9).
Il montaggio viene ancora eseguito con componenti miniaturizzati su una basetta di 4,5 × 2,4 cm (Fig. 23 e 24). Anche in questo caso montiamo per primo il circuito integrato senza zoccolo. Dobbiamo però tenere conto di un fatto riguardante i circuiti integrati CMOS: essi sono molto sensibili alle tensioni statiche alle quali sono sottoposti quando per esempio si toccano con le dita. Potrebbero avvenire delle scariche che ne distruggono la circuiteria interna. Perciò questi circuiti vengono consegnati in una confezione metallica oppure con i piedini collegati fra di loro in altro modo, e dovrebbero essere lasciati in questo stato fino a pochi istanti prima del montaggio definitivo durante il quale non si devono toccare con le dita. Inoltre è consigliabile togliere la spina del saldatore dalla presa di corrente. Dopo il montaggio tutti i piedini sono più o meno collegati fra di loro mediante gli altri componenti e non ci sono più rischi per l'integrato.
Dopo la taratura definitiva di tutti i gruppi i circuiti di ricezione e di decodifica si possono unire in un unico blocco di resina.
Ciò assicura una migliore stabilità ed evita eventuali cortocircuiti. Prima di questo sigillamento i trimmer devono essere tarati perfettamente. I fili di collegamento vengono portati all'esterno, il condensatore variabile viene impacchettato con carta per evitare che la resina entri fra le lamelle e faccia variare il dielettrico e con esso il valore della capacità del condensatore.
I due circuiti vengono posti uno sopra l'altro, ma comunque in modo che i collegamenti non tocchino i fili delle resistenze. Naturalmente c'è anche la possibilità di sigillare i blocchi singolarmente e di incollarli quindi fra di loro. Come già detto, il blocco trova spazio in un tender dal quale sono stati allontanati i rinforzi laterali. Il blocco di resina gli restituisce la necessaria stabilità. Più difficoltà s'incontreranno nel caso di modelli miniaturizzati. In questi casi è più consigliabile isolare il circuito con dello spray di

plastica (Plastik-spray 70, Kontakt-Chemie) senza sigillarli in un blocco di resina. Attenzione: i trimmer non devono essere trattati con lo spray. Il montaggio nei trenini mini-club della Märklin è assolutamente impossibile.

2.5 Il regolatore di velocità

Il regolatore di velocità di Fig. 25 è sostanzialmente equivalente alla terza parte del circuito di Fig. 2. Le differenze consistono nel fatto che manca il circuito integrato MIC 74 124 e che per motivi di spazio i transistori di pilotaggio non sono dei darlingtons. Inoltre sono stati introdotti i diodi di protezione da D1 a D4. Per il resto è tutto identico.
La realizzazione viene effettuata secondo lo schema d'incisione di Fig. 26 e la disposizione dei componenti secondo la Fig. 27. I transistori finali sono transistori di potenza nella versione in plastica. Siccome vengono eccitati soltanto con brevi impulsi non

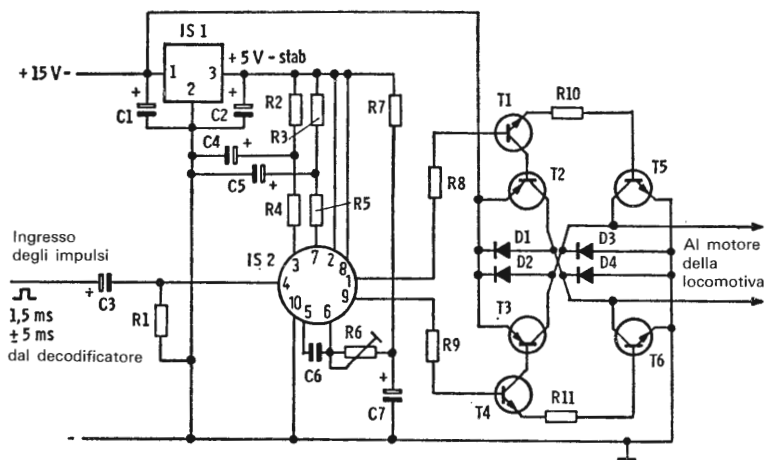



Fig. 25. Schema circuitale del regolatore di velocità.

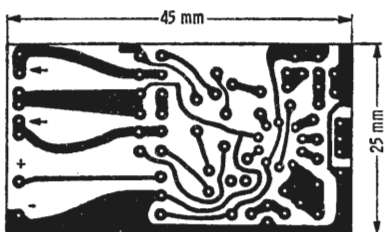



Fig. 26. Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 25.

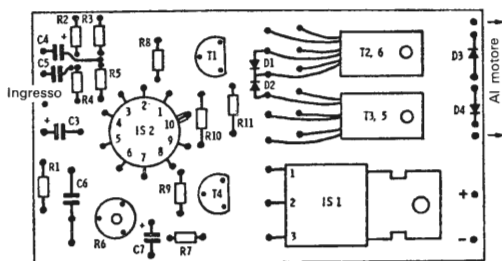



Fig. 27. Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 25. D1 e D2 vengono saldati direttamente sui terminali di T2 e T3. T2 e T3 sono montati sopra T6 e T5. T2, T3, T5, T6 e IS1 sono disegnati con la parte metallica rivolta verso il basso.

Elenco dei componenti per il circuito di Fig. 25:

R1	Resistenza 47 kOhm
R2, R3	2 resistenze 12 kOhm
R4, R5	2 resistenze 100 Ohm
R6	Trimmer 5 kOhm, miniaturizzato, 1/10 Watt, verticale
R7	Resistenza 4,7 kOhm
R8, R9, R10, R11	4 resistenze 47 Ohm

Tutte le resistenze miniaturizzate 1/16 Watt, ± 5% di tolleranza, al massimo 1/8 Watt, ± 5% di tolleranza.

C1, C2, C4, C5, C7	5 condensatori elettrolitici al tantalio 22 μF/10 Volt
C3	Condensatore elettrolitico al tantalio 4,7 μF/10 Volt
C6	Condensatore MKM 0,470 μF, passo 7,5 mm
IS1	Circuito integrato NE 543 k o WE 3141
T1, T4	2 transistori NPN BC 547 o simili, vedi tabella di equivalenza
T2, T3	2 transistori PNP BD 438
T5, T6	2 transistori NPN BD 437
D1, D2, D3, D4	4 diodi 1N 4001 o simili, vedi tabella di equivalenza.

richiedono dispositivi di raffreddamento. Il riscaldamento è minimo e siccome sono montati in un blocco uno di fianco e l'altro sopra le caratteristiche non possono scostarsi fra di loro. A fianco dei transistori si trova il regolatore di tensione che provvede anche

all'alimentazione degli altri componenti con la tensione di 5 V. Il condensatore C7 ed il trimmer R6 vengono piegati dopo il montaggio, come si vede anche dalla foto 1, tavola 4. Così viene facilitata la taratura del trimmer — la quale viene eseguita anche in questo caso con una punta di legno — ed inoltre si ottiene un risparmio di spazio in altezza. Il regolatore deve entrare nella locomotiva nel caso di un modello HO oppure in una carrozza nel caso di modelli a scarto N.

3. La realizzazione pratica

In Fig. 28 è mostrato lo schema a blocchi per il montaggio dell'impianto. Anche qui bisogna tenere conto di alcuni problemi. I trenini a corrente alternata non possono essere pilotati senza modifiche con i nostri dispositivi. Chiaramente si potrebbe pensare di alimentare i gruppi di ricezione con delle pile, ma la commutazione del relé di sovratensione sarebbe troppo pericolosa per il regolatore di velocità. Quindi bisogna procedere a qualche modifica.

La via più semplice è quella di fare della locomotiva a corrente alternata una a corrente continua. A questo scopo si toglie il relé di commutazione e si trasforma il motore da corrente alternata in

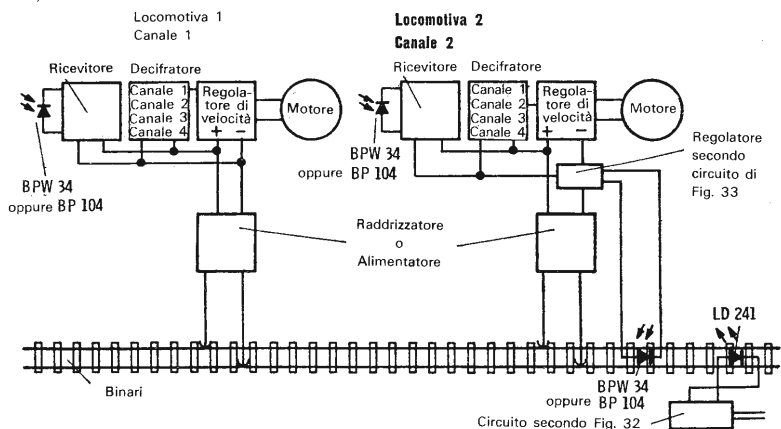



Fig. 28. Schema a blocchi per il collegamento delle singole piastre nella locomotiva e nella carrozza fantoma. La locomotiva 1 è collegata normalmente, viene pilotata dal canale 1 ed è predisposta per curve d'inversione. La locomotiva 2 è predisposta per curve d'inversione, automatismo per sezioni di blocco e per l'illuminazione del treno a BF. Viene pilotata dal canale 2.

uno a corrente continua montando due diodi secondo lo schema indicato in Fig. 29. Così all'interno della locomotiva trova spazio anche il regolatore di velocità. Questo è tutto: alle rotaie viene applicata la tensione continua prelevata dal circuito di trasmissione ed anche i circuiti interni vengono alimentati da questa sorgente.
Chi invece voglia continuare il funzionamento con il normale trasformatore di corrente alternata o continua deve eseguire altre modifiche. Alle rotaie viene applicata la tensione del trasformatore invece che dal circuito di trasmissione. Per avere a disposizione una corrente continua stabilizzata per i circuiti elettronici occorre montare un piccolo alimentatore all'interno della locomotiva.

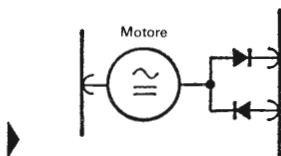
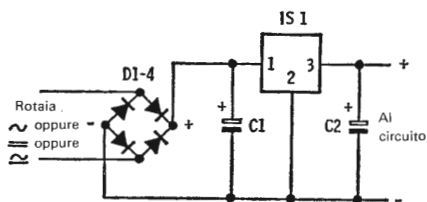



Fig. 29. Con l'utilizzazione di due diodi 1N 4001 si trasforma un motore a corrente alternata in un motore a corrente continua con inversione di marcia tramite cambio della polarizzazione della tensione di alimentazione.

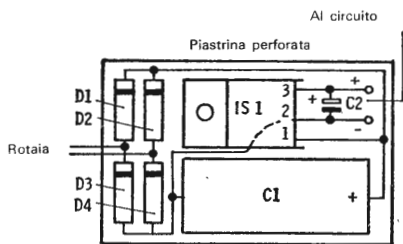



Fig. 30. Alimentazione dei dispositivi elettronici dell'impianto ricevente.

Elenco dei componenti del circuito di Fig. 30:

D1-D4	4 diodi 1N 4001
C1	Condensatore elettrolitico 1000 μF/16 Volt
C2	Condensatore elettrolitico al tantalio 10 μF/16 Volt
IS1	Regolatore di tensione integrato con tensione d'uscita di 12 o 15 Volt 7812 o 7815

Prima dobbiamo montare i due diodi nella locomotiva a corrente alternata e togliere il relé di commutazione.
Le locomotive a corrente continua rimangono così come sono.
L'alimentatore viene montato su una piccola basetta perforata secondo la Fig. 30.
Chiaramente questo circuito ci crea alcuni problemi per quanto riguarda la sua sistemazione nel trenino. Non ci sarà altro modo che quello di utilizzare una carrozza ausiliaria. A questo punto possiamo o montare tutti i circuiti elettronici nella carrozza oppure lasciare l'alimentatore e il regolatore di velocità nella locomotiva e sistemare il resto all'interno della carrozza. Nel primo caso possiamo togiere il collettore dalle locomotive a corrente alternata e montarlo nella parte inferiore della carrozza ed interrompere il collegamento fra il motore e le ruota nelle locomotive a corrente continua. Un connettore provvederà al collegamento fra la locomotiva e la carrozza per l'alimentazione del motore da parte del regolatore di velocità. In questo caso non è necessario montare – quando si tratti di impianti grandi – un ricevitore per ogni locomotiva, ma è sufficiente una carrozza ausiliaria per ogni canale. Le carrozze vengono indicate con 1, 2, 3 o 4, a seconda del canale.
Le curve di inversione non presentano alcun problema per impianti a corrente alternata. Nel caso di alimentazione a corrente continua invece s'incontrano il polo positivo con quello negativo e viceversa perché la rotaia interna passa all'esterno e viceversa. A questo punto di incontro bisogna interrompere i collegamenti e provvedere a un inversione automatica delle polarità.
Nell'ultima versione descritta questo automatismo è reso superfluo dall'alimentatore che provvede al mantenimento delle polarità perché un ponte raddrizzatore non soltanto raddrizza la corrente alternata ma può funzionare anche con tensioni continue. In questo caso la polarità dell'ingresso può variare comunque, all'uscita si trova sempre la tensione polarizzata correttamente. Questo fatto è rappresentato in Fig. 31, i quattro diodi corrispondono a un ponte raddrizzatore. Quattro diodi, collegati allo stesso

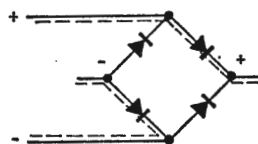



Fig. 31. La circolazione della corrente in caso di cambio della polarità all'ingresso.

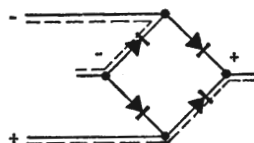
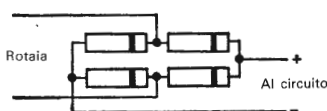



Fig. 32. I 4 diodi vanno preposti nel modo indicato in figura al dispositivo elettronico per il funzionamento con sezioni di blocco e saldati in un montaggio « volante ».

modo, sono dunque sufficienti per risolvere il problema delle curve di inversione nel caso dell'alimentazione da parte del circuito di trasmissione, e siccome in questo caso abbiamo già a disposizione una corrente continua stabilizzata è superfluo l'alimentatore interno ad eccezione dei quattro diodi. Essi verranno collegati secondo lo schema di Fig. 32 in un montaggio volante, isolati con dello spray ed incollati in un punto qualsiasi, ma non visibile, della locomotiva. Così abbiamo risolto il problema creato dalle curve di inversione.

Rimane il problema delle sezioni di blocco e dell'illuminazione del treno.

In assenza di sezioni di blocco la tensione per l'illuminazione del treno può essere prelevata senza problemi dalle rotaie. Questa tensione ha, come sappiamo, un valore costante. Le sezioni di blocco ed i tratti di andatura a velocità ridotta possono rimanere. Il fatto che un certo tratto abbia una tensione più o meno ridotta comporta che anche la circuiteria elettronica venga alimentata con

valori di tensione più bassi e quindi rallenta le sue funzioni fino all'arresto totale. I tratti devono però essere nuovamente dimensionati perché varia il comportamento della locomotiva.
La questione diventa più difficile quando sono presenti tratti di blocco insieme ad un'illuminazione a bassa frequenza. Anzitutto bisogna assolutamente impiegare un alimentatore, i cui condensatori di livellamento possono restare come negli altri casi. Ma il vero problema è un altro: l'alimentazione per l'illuminazione avviene da parte di un generatore che corrisponde ad una piccola trasmittente, i collegamenti e le rotaie si comportano come antenne. Questo purtroppo influenza i nostri circuiti elettronici, in quanto i diodi di ricezione assorbono la bassa frequenza irradiata e provocano così dei disfunzionamenti del ricevitore. Una locomotiva ferma si mette in moto, una in marcia si può arrestare o tornare indietro. L'unico rimedio è una buona schermatura dei circuiti elettronici.
I circuiti vengono sigillati in blocchi di resina e questi blocchi circondati completamente con stagnola. Non devono rimanere spazi liberi. Questo involucro viene quindi collegato al polo negativo dell'alimentazione. Questi procedimenti assicurano una buona protezione contro i disturbi provocati da irradiazioni di bassa frequenza.
Ma esiste una soluzione ancora migliore, anche se più costosa: tutte le sezioni di blocco e l'illuminazione a bassa frequenza vengono smontati, la tensione per l'illuminazione viene prelevata dalle rotaie, come del resto già proposto. Nei punti, in corrispondenza dei quali la locomotiva si doveva arrestare per la presenza di un tratto di blocco, vengono montati dei LED all'infrarosso fra le rotaie in modo che mandi i raggi verso la locomotiva in arrivo. Il circuito è mostrato in Fig. 33.
Chiaramente abbiamo bisogno di un circuito di trasmissione per ogni tratto, rispettivamente segnale, di blocco e per ogni segnale di arresto in corrispondenza delle stazioni. L'alimentazione può avvenire come fin qui attraverso un relé, tenendo conto del fatto che le polarità s'invertono. Se il tratto prima era senza alimenta-

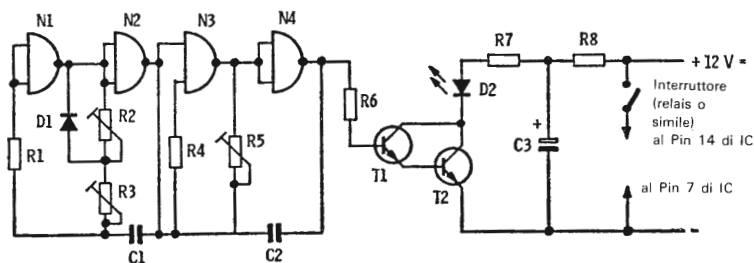



Fig. 33. Schema circuitale del trasmettitore per il funzionamento con sezioni di blocco.

Elenco dei componenti per il circuito di Fig. 33:

R1	Resistenza 1,2 MOhm
R2	Trimmer, 1 MOhm, 1/10 Watt, verticale
R3	Trimmer, 5 kOhm, 1/10 Watt, verticale
R4	Resistenza 220 kOhm
R5	Trimmer 50 kOhm, 1/10 Watt, verticale
R6	Resistenza 4,7 kOhm
R7	Resistenza 1,5 Ohm
R8	Resistenza 330 Ohm
Tutte le resistenze	1/4 Watt, 5-10% di tolleranza.
C1	Condensatore MKM o MKS, 0,22 μF, passo 7,5 o 10 mm
C2	Condensatore a fogli o al poliestere, 680 pF
C3	Condensatore elettrolitico 470 μF o 1000 μF/16 Volt
T1	Transistor NPN BC 238 o simile, vedi tabella di equivalenza
T2	Transistor NPN 2N 1613, BC 140, BC 141, o simile
D1	Diodo 1N 914 o simile, vedi tabella di equivalenza
D2	Diodo emittente infrarosso LD 241, Ld 242, Ld 271 o simile, vedi tabella di equivalenza
N1, N2, N3, N4	Circuito integrato CMOS CD 4011, quadrupla porta NAND

zione ora bisogna fornire la tensione necessaria ai circuiti elettronici.

N1 ed N2 formano un oscillatore (1) e così anche N3 ed N4 (2). L'oscillatore 1 oscilla alla frequenza di circa 10 Hz, l'oscillatore 2 a circa 70 kHz. Il diodo D1 determina il valore del rapporto impulso/pausa a circa 1:150. Il secondo oscillatore viene acceso e spento ad un ritmo di 10 Hz. Questa frequenza mista viene amplificata dai due transistori ed irradiata dal diodo LED. R7 limita la corrente nel diodo, C3 dà un impulso di corrente al

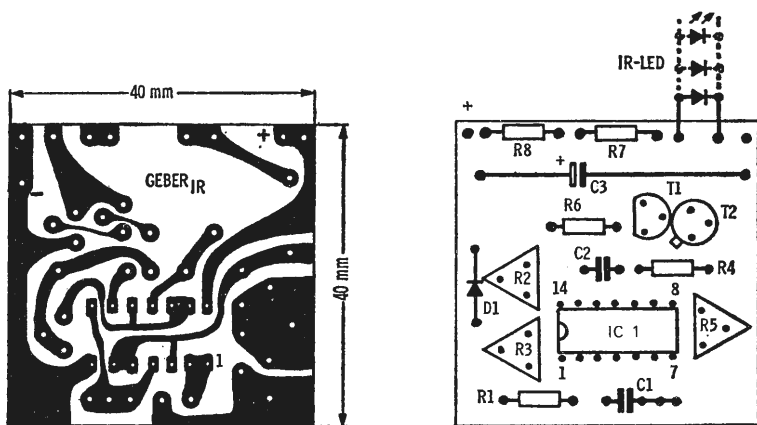



Fig. 34. Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 33.
Fig. 35. Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 33.

momento dell'accensione per assicurare un pronto avviamento del diodo.

Il dispositivo, di per sè un vero trasmettitore all'infrarosso, dovrebbe funzionare subito. Eventuali errori possono essere dovuti soltanto a componenti difettosi o collegamenti errati. I valori dei componenti non devono neanche essere strettamente quelli indicati, possono anzi variare di una grandezza in eccesso o in difetto. Questo cambierebbe la frequenza, ma non il gunzionamento di per sè. La frequenza esatta può in ogni modo essere determinata soltanto con un contatore di frequenze o con un oscilloscopio.

Noi impiegheremo un altro metodo per la taratura. Al posto del diodio all'infrarosso colleghiamo un normale LED rosso all'uscita del dispositivo, alla quale inoltre colleghiamo i terminali di un voltmetro predisposto per misure nel campo di 5-10 V. Dopo l'applicazione della tensione di alimentazione il diodo dovrebbe essere acceso o lampeggiare. Se ciò non avviene ci deve essere qualche difetto nel circuito. Se il diodo è acceso senza lampeggiare cominciamo a girare il trimmer. Se non comincia a lampeggiare ci deve

essere un altro difetto. Quando il diodo lampeggia comciamo ad agire sui tre trimmer (non importa in quale ordine) fino a quando rimanga acceso di nuovo continuamente. Durante quest'operazione osserviamo il voltmetro che deve arrivare ad un massimo di tensione. Tutta l'operazione di taratura richiede una certa dose di pazienza. I trimmer non devono essere spostati ulteriormente una volta che il diodo abbia smesso di lampeggiare, altrimenti s'interrompe l'oscillazione. Se con un trimmer abbiamo eliminato il lampeggiare del diodo e se riusciamo, agendo su di un altro trimmer, a portare più in alto la tensione indicata, ciò significa che la taratura non era corretta. Per i (felici) proprietari di un oscilloscopio riportiamo la forma d'onda in Fig. 36.
Un consiglio: R2 ed R3 saranno, alla fine della taratura, posizionati molto vicino all'estremo verso il bordo del circuito stampato, R5 in una posizione più o meno centrale. I trimmer non dovrebbero essere lasciati in posizione estrema.
In Fig. 34 è mostrata la pianta d'incisione, in Fig. 35 la disposizione dei componenti sul circuito stampato per il trasmettitore secondo lo schema circuitale di Fig. 33.
Questo dispositivo può pilotare anche più di un LED. Il numero massimo dipende dal tipo di diodi impiegati, i quali in questo caso possono essere di diverso tipo, addirittura di case produttrici differenti. Il numero massimo può variare fra 5 e 15, esso si deve deter-

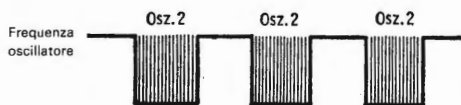



Fig. 36. In alto gli impulsi della trasmittente per il dispositivo per sezioni di blocco. Il collegamento dei singoli diodi infrarossi è mostrato nella parte inferiore della figura.

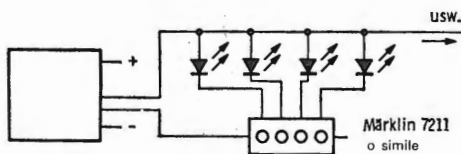
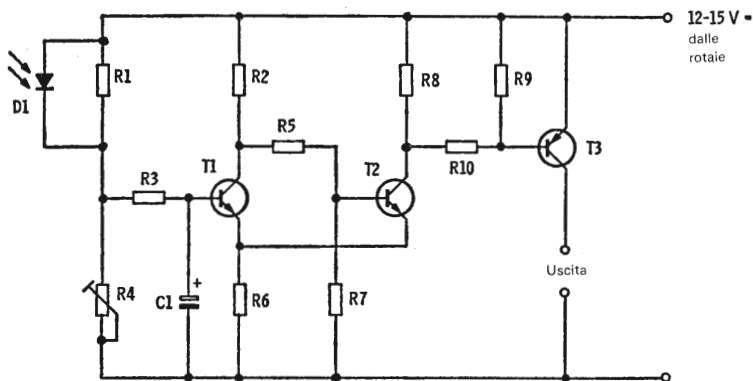



Fig. 37. Dispositivo di commutazione nella locomotiva per il funzionamento con sezioni di blocco.

minare sperimentalmente, come verrà descritto più avanti. Normalmente un unico dispositivo è sufficiente per un impianto di medie dimensioni.
Il dispositivo verrà montato nella centralina di comando, i diodi verranno fissati nei punti nei quali le locomotive si dovranno fermare. I collegamenti passeranno per un interruttore. Questi interruttori possono essere dei semplici interruttori di tipo « acceso/spento » della Märklin, Trix, Arnold, ecc. . . .
L'alimentatore nella locomotiva o nella carrozza ausiliaria può essere omesso, a questo punto è sufficiente il ponte raddrizzatore ralizzato con i quattro diodi. Ma uno dei collegamenti dalle rotaie passa attraverso un transistor che funge da interruttore, in dipendenza dal circuito di Fig. 37. In Fig. 38 è riportato lo schema d'incisione per il circuito stampato di minime dimensioni, in Fig. 39 la disposizione dei componenti sulla basetta. Il diodo nel circuito è un diodo ricevente per raggi infrarossi. A seconda dell'intensità della luce infrarossa che riceve, il transistor si apre e si chiude rapidamente o lentamente. Quando la locomotiva si avvicina al diodo LED posto in mezzo alle rotaie il diodo ricevente

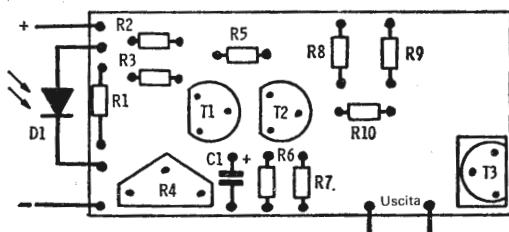
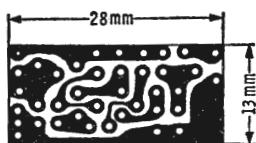



Fig. 38. Pianta d'incisione per il circuito di Fig. 37.
Fig. 39. Disposizione dei componenti per il circuito di Fig. 37.

Elenco dei componenti per il circuito di Fig. 37, 38, 39:

R1	Resistenza 47 kOhm
R2	Resistenza 2,2 kOhm
R3	Resistenza 2,2 kOhm
R4	Trimmer 10 kOhm, 1/10 Watt, verticale
R5	Resistenza 3,9 kOhm
R6	Resistenza 120 Ohm
R7	Resistenza 6,8 kOhm
R8	Resistenza 3,3 kOhm
R9	Resistenza 220 Ohm
R10	Resistenza 820 Ohm

Tutte le resistenze 1/16 Watt, miniaturizzati, ± 5% di tolleranza, al massimo 1/8 Watt, ± 5% di tolleranza.

C1	Condensatore elettrolitico al tantalio 100μF/3 V
D1	Fotodiodo o fototransistor BP 104 o simile, vedi tabella di equivalenza
T1, T2	2 transistori NPN BC 238 o simili, vedi tabella di equivalenza
T3	Transistor PNP al germanio AC 117, AC 121, AC 151, AC 188 o simile, vedi tabella di equivalenza, con corpo di raffreddamento

viene irradiato sempre di più, quindi la locomotiva rallenta e si ferma finalmente davanti al diodo emittente. Quando questo si spegne la locomotiva si rimette in moto.

Se il circuito viene dotato di una normale foto resistenza si tratta di un interruttore crepuscolare. Con il condensatore elettrolitico C1 esso è anche un circuito di barriera luminosa con ritardo di eccitazione. Nella nostra versione viene montato un fotodiodo con filtro infrarosso al posto della fotoresistenza. In questo modo otteniamo un circuito insensibile entro ampi margini alla luce visibile, ma molto sensibile alle radiazioni infrarosse.

Per la taratura del circuito e per determinare il numero di diodi LED che possiamo pilotare con il circuito di trasmissione, colleghiamo entrambi i circuiti con la tensione di alimentazione di 12 o 16 V, prelevata dal trasmettitore principale. Poniamo un circuito accanto all'altro e colleghiamo l'uscita del circuito di Fig. 37 ad una lampadina da locomotiva da 16 V. Ora regoliamo la sensibilità del circuito ricevente, agendo sul trimmer R4. Allontanando il diodo emittente rimarrà accesa la lampadina, nonostante la presenza della luce del giorno o quella artificiale. Il diodo emittente dovrebbe essere ad una distanza di circa 5 cm. Adesso variamo la posizione del trimmer fino al punto in cui la lampadina si spegne. Potremmo allontanare i diodi ancora di più e tentare di tarare ulteriormente il circuito, ma oltre a una certa distanza ciò non sarà più possibile. Il dispositivo non dispone della potenza di radiazione presente nel nostro trasmettitore principale e non avrà un raggio superiore ai 10 cm. Ma questa distanza dovrebbe essere sufficiente per i nostri scopi.
Quando abbiamo così determinata la distanza ottimale, ravviciniamo i diodi di nuovo ad una distanza di 1 cm e colleghiamo, secondo lo schema riportato in Fig. 35, altri diodi all'uscita del dispositivo. Collegandoli uno dopo l'altro, ad un certo punto la lampadina si riaccenderà. Il numero di diodi collegati meno uno è il numero di diodi che possiamo pilotare con un singolo dispositivo. A questo punto possiamo collegare il dispositivo di trasmissione alla circuiteria di ricezione, inserendolo fra l'alimentazione e i tre circuiti di ricezione. Il collegamento fra l'alimentazione e il regolatore di velocità viene interrotto, i fili provenienti dall'alimentatore verranno saldari ai contatti del circuito di ricezione del segnale di blocco. Il punto A di questo circuito stampato viene quindi collegato al polo positivo dei tre circuiti, il punto B a quello negativo. Con questo abbiamo completato il montaggio. Come abbiamo già detto, il circuito di Fig. 37 può funzionare da interruttore crepuscolare, purché il diodo di ricezione venga sostituito da una fotoresistenza. Per esempio potrebbe servire per accendere le luci di posizione dell'automobile. A questo scopo viene alimen-

tata direttamente dalla batteria della macchina, le luci di posizione vengono collegate ai punti A e B del circuito. Il circuito può essere caricato con una potenza di 2 Watt, il che è più che sufficiente. Qualora si vogliano pilotare altri utilizzatori si può collegare un relé che sopporti le tensioni e potenze richieste.
Nel ferromodellismo il circuito può inoltre essere utile come barriera luminosa, ad esempio per chiudere dei passaggi a livello o per segnalare che un binario di una stazione è occupato. Allo scopo di aumentare la sensibilità possiamo togliere il condensatore C1. Anche se il circuito a prima vista può sembrare notevolmente complesso e dispendioso possiamo ora constatare che è semplice e sicuro, come del resto anche l'impianto di telecomando all'infrarosso, la cui realizzazione presenta molte meno difficoltà di quanto poteva sembrare all'inizio. Adesso possiamo procedere alla taratura definitiva di tutto il complesso. Quest'operazione viene eseguita prima del montaggio dei gruppi nella locomotiva o nell'apposita carrozza.
Le piastre piccole vengono collegate secondo lo schema riportato in Fig. 29. Prima di collegare il relativo cavo al polo negativo dell'alimentazione (rotaia, uscita del ponte raddrizzatore o dell'alimentatore) vengono eseguiti tutti i collegamenti agli ingressi negativi dei circuiti. Allo stesso modo si procede per il polo positivo dell'alimentazione. L'uscita del ricevitore viene connessa con l'ingresso del decodificatore, una delle uscite di questo (corrispondente ad uno dei 4 canali) verrà collegata all'ingresso del regolatore di velocità. Noi sceglieremo il canale 4. La fila di diodi emittenti viene posta in vicinanza del diodo di ricezione e rivolta verso di esso. All'uscita del regolatore di velocità viene collegato il motore di una locomotiva oppure un voltmetro. Quando applichiamo la tensione di alimentazione dovrebbe succedere che il motore giri in una direzione o nell'altra, velocemente o rapidamente.
Se abbiamo posizionato il potenziometro in un estremo, a destra o a sinistra, il motore girerà, o rispettivamente, verrà segnata una deviazione della lancetta del voltmetro. Ora giriamo il potenzio-

metro fino a raggiungere la posizione centrale. Se il motorino si ferma le cose banno bene. Altrimenti dobbiamo agire sul trimmer della velocità oppure su quello montato nel circuito di regolazione fino a quando il motorino si ferma. Se riprendiamo adesso a girare il potenziometro, il motorino si deve mettere in moto in una direzione o nell'altra a seconda del verso nel quale abbiamo girato il potenziometro. Inoltre la sua velocità deve variare da quella minima alla massima.
Ora allontaniamo i diodi del trasmettitore da quello del ricevitore. Con il condensatore variabile C1 del ricevitore e il trimmer R2 del decodificatore tariamo le nostre apparecchiature alla massima distanza che dovrebbe essere compresa fra 5 ed 8 metri. Eventualmente possiamo variare il trimmer R18 del trasmettitore.
Il gruppo costituito dai tre circuiti di ricezione è dunque completamente tarato. Chiaramente quest'operazione deve essere eseguita per ogni canale. I tre circuiti stampati formano, come abbiamo già detto, un unico gruppo. Le prestazioni di ricezione possono essere notevolmente migliorate semplicemente collegando in serie due diodi di ricezione. È solamente un problema di costi.
I diodi o il diodo di ricezione vengono montati elettricamente isolati sul tetto del tender o della carrozza ausiliaria e collegati con dei cavetti schermati al circuito stampato. È consigliabile impiegare cavetti possibilmente corti. La Fig. 16 dà un'idea di come potrebbe essere costituito un impianto con telecomando all'infrarosso. Il nostro montaggio è ormai completo.
Varie ditte producono dei componenti completi per telecomandi con raggi infrarossi, fra l'altro i circuiti integrati SAB 3210, il trasmettitore, e SAB 3209 come ricevitore. Indagini sperimentali hanno però mostrato che la realizzazione di telecomandi per il fermodellismo presenta notevoli difficoltà. Si possono utilizzare solo tre canali, i quali servono normalmente alla regolazione del volume, dei contrasti e della luminosità. Tutti gli altri canali (fino a 60) hanno funzioni di sola commutazione e possono servire al massimo per il comando di scambi e segnali. Inoltre è necessario acquistare anche l'integrato di ricezione, il SAB 3209, perché la

Siemens vende questi componenti solo in coppia, e questo fa aumentare notevolmente le spese.
Come regolatore di velocità dovrebbe essere utilizzato un S175A, anch'esso di prezzo abbastanza elevato. Una rinomata ditta, produttrice di modelli ferroviari, monta questo circuito nei trasformatori e pilota così il cosidetto sistema e-m-s, il quale comunque non rappresenta un vero telecomando di più treni, in quanto la regolazione viene effettuata sul trasformatore, anche se può venire pilotato, se così si vuole, dalla poltrona.
Il telecomando descritto in questo volumetto può sostituire con qualche modifica qualsiasi telecomando via radio, purché non si vogliano pilotare dei modelli aerei. Per modelli « terrestri » o modelli di imbarcazione è l'ideale. Sfruttando pienamente le possibilità del decodificatore si può arrivare fino a 10 canali. Alcuni canali possono allora svolgere delle pure funzioni di commutazione. È possibile anche il comando di un modello da parte di più persone, purché prima ci si metta d'accordo per la distribuzione delle frequenze portanti, regolabili con il trimmer R22 del trasmettitore.
L'autore augura a tutti soddisfazione e successo nella realizzazione del progetto.

Appendice

Tabella di equivalenza per transistori

I seguenti modelli di transistori possono essere intercambiati fra di loro. Per le nostre applicazioni si devono scegliere transistori con contenitori di plastica, quelli in versione metallica sono poco adatti per montaggi di piccole dimensioni. Il collettore è collegato elettricamente al corpo metallico e questo può provocare dei cortocircuiti.

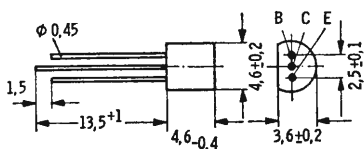
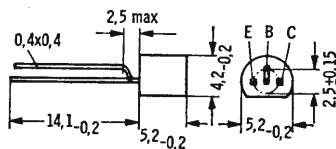
NPN: BC 107, 108, 109, 147, 148, 149, 167, 168, 169, 182, 183, 184, 207, 208, 209, 237, 238, 239, 337, 338, 413, 414, 431, 546, 547, 548, 549, 550.

PNP: BC 157, 158, 177, 178, 179, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 251, 252, 253, 261, 262, 263, 307, 308, 309, 327, 328, 350, 351, 352, 415, 416, 432, 556, 557, 558, 559, 560.

In un circuito si dovrebbero impiegare possibilmente dei transistori dello stesso gruppo di centinaia, ad esempio 546 e 556, ecc. Inoltre bisogna tenere conto dei fattori di amplificazione, indicato dalla lettera B o C dopo il numero che indica il tipo.

I transistori BC 516 nel circuito di Fig. 22 ed il BC 560B nel circuito di Fig. 19 non devono essere sostituiti con altri tipi. Questo vale anche per il BC 140 o 141 del circuito di Fig. 8.

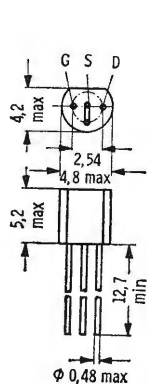
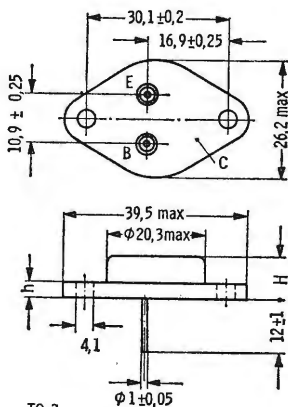
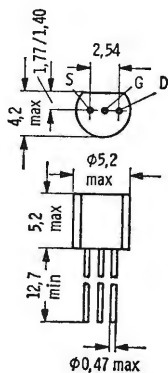
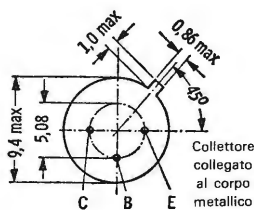
Altre possibilità di sostituzione sono indicate nelle liste dei componenti o nel testo.

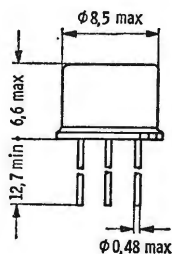
TO-92

2,5 max
0,4x0,4
E B C
4,2-0,2
2,5±0,15
14,1-0,2
5,2-0,2
5,2-0,2

Fasi fissaggio ∅ 0,6

SOT-54

SOT-54

TO-3
2 N 3055

Collettore collegato al corpo metallico

TO-39
FET BF 244, 245, 2 N 3819, E 300

Poiché l'involucro è collegato con il collettore, il dissipatore non può toccare altri componenti.
BC 140, 141, 2 N 1613, 2 N 2219

Regolatore di tensione
7805 bzw. 7812
µA 78...

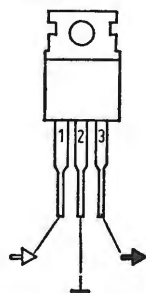
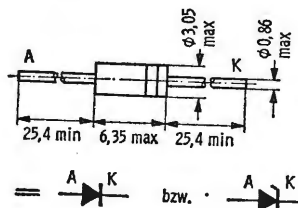
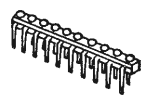
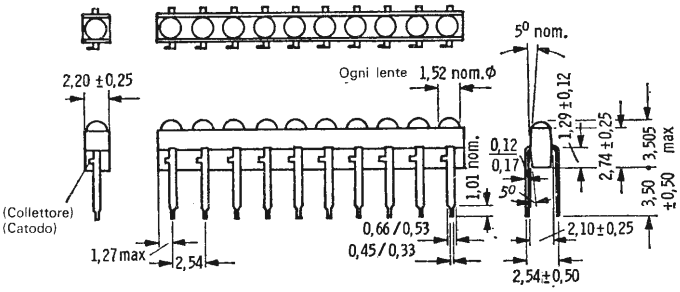
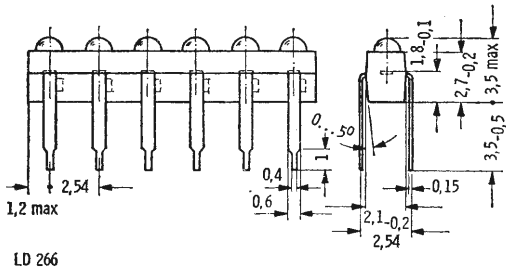
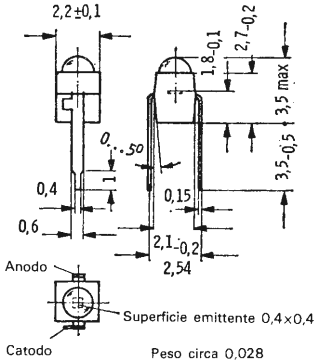
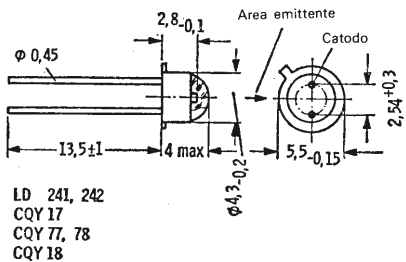
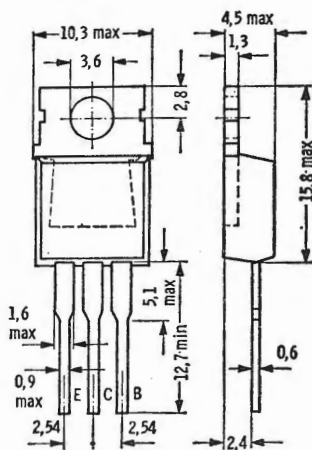
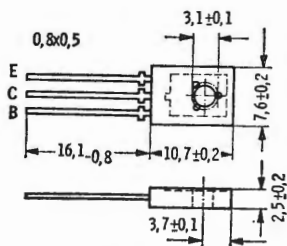
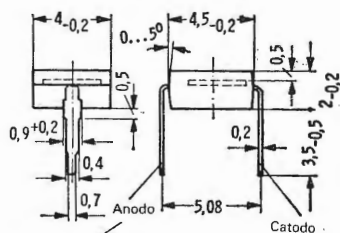
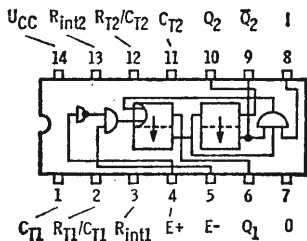
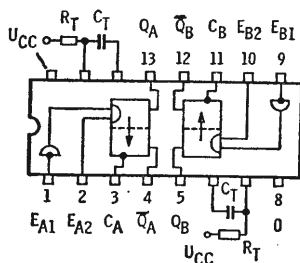
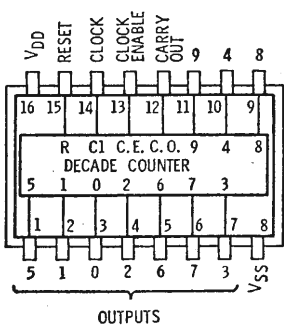
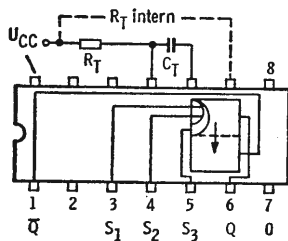
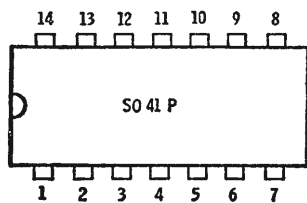
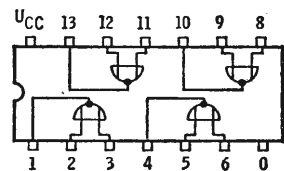
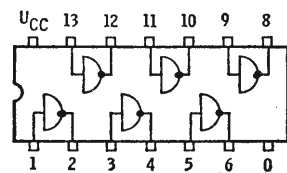
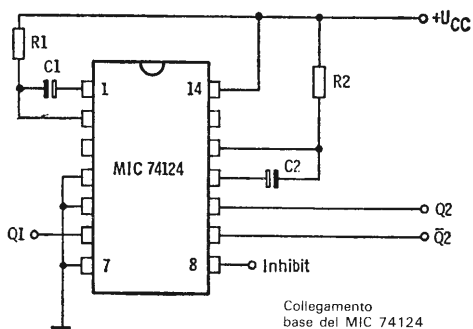



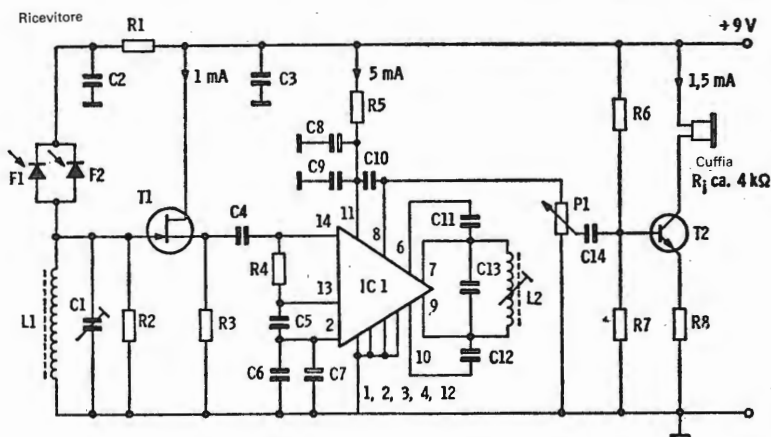
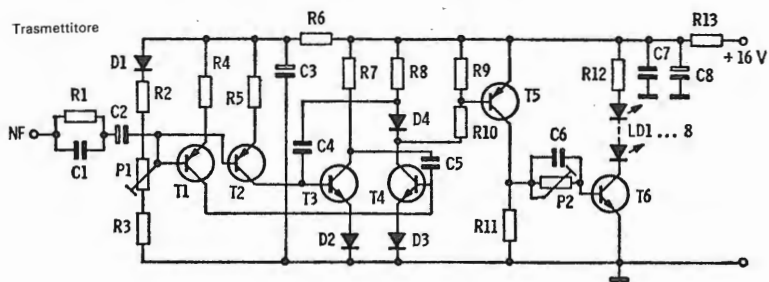
Tabella di equivalenza per diodi

Diodi al silicio: 1 N 4001, BA 318, BA 317, BA 222, BA 221, BA 218, BA 217, BAY 61, BAX 13, 1 N 941, 1 N 4148.

Diodi al germanio (solo per il circuito di Fig. 22): AA 118, AA 117, AAZ 15, OA 91, OA 95.
Pagina seguente, in alto: Diodi luminescenti infrarosso GaAs (diodi emittenti all'arseniuro di gallio).

Il diodo indicato nel testo, l'LD 241 della Siemens, può essere sostituito da altri diodi della Siemens o di altre ditte purché abbiano le seguenti caratteristiche:

tensione di polarizzazione inversa	4 V
corrente di polarizzazione diretta	230 mA
massima corrente di picco	5 A
potenza dissipata	350 mW
temperatura di giunzione	100 C
angolo d'apertura	60 gradi

BD 266/267, 643/644, 695/696, 697/698, 699/700, 701/702

BD 437, 438, 262, 263, 331, 332, 675, 676, 677, 678, 679, 680

BPW 34 oppure BP 104

Queste caratteristiche si trovano nei seguenti tipi: LD 242; LD 261 con almeno 5 esemplari in una fila; LD 266 che corrisponde ad una fila di 6 esemplari LD 261; LD 269 corrisponde a 9 LD 261 in una fila. Combinando questi tipi con gli LD 263 e Ld 262 si possono ottenere file di qualsiasi lunghezza desiderata. Questi tipi inoltre hanno il vantaggio di essere montati in appositi riflettori, al contrario degli LD 241, per i quali viene venduto a parte. Gli altri tipi della Siemens devono essere collegati in serie, almeno tre alla volta per i CQY 17, 18/57. I diodi del tipo CQY 77, 78 possono essere montati singolarmente. Se si vogliono utilizzare singolarmente diodi del tipo LD 261, CQY 17, 18 e 47 occorre modificare la taratura dello stadio finale del trasmettitore in modo che fornisca al massimo 50 mA di corrente.

Collegamento base del MIC 74124

Questo vale anche per i seguenti tipi della Texas-Instruments: TIL 41, 41-II, 41-III, 41-IV. I tipi TIL 46, 48, 49, 50 si possono utilizzare senza modifiche dello stadio finale, in file da 6 a 10 esemplari. I diodi emittenti di altre case produttrici si possono utilizzare purché corrispondano alle caratteristiche richieste, come per esempio l'SLH 8. In ogni modo dovrebbe essere facile trovare dovunque i prodotti della Siemens e della Texas.
Come diodo di ricezione vanno bene tutti i tipi in commercio. Uno dei più usati è il BPW 34 della Siemens. Se non è a disposizione un tipo per raggi infrarossi è possibile utilizzarlo, montando davanti

alla lente un pezzo di pellicola sviluppata non esposta (pellicola a colori CT 18 della Agfa). A causa della molteplicità dei prodotti in commercio possiamo riportare solo la figura del BPW 34. Se si utilizza un fototransistor non si deve collegare la base. In molti tipi non c'è neanche il piedino della base, come ad esempio nei BPY 61, BPX 81. Se c'è lo tagliamo. Inoltre si può utilizzare il BP 104 con filtro infrarosso incorporato.

Indice analitico

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

telecomandi a infrarossi per il ferromodellismo

Questo volume, dedicato ai ferromodellisti anche digiuni di elettronica, e perciò semplificato nella parte dedicata alla teoria dei fotocomponenti, espone i dettagli costruttivi di un telecomando a raggi infrarossi che può comandare il funzionamento di un impianto completo (treni, luci, ecc.) di ferrovia in miniatura. L'autore, Friedhelm Schiersching, ha già pubblicato in questa stessa collana il volume « Effetti sonori per il ferromodellismo ».

1	Hanns-Peter Siebert	L'elettronica e la fotografia (L. 2.400)
2	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori (L. 2.400) Prima parte: i collegamenti
3	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un circuito elettronico (L. 2.400)
4	Heinz Richter	La luce in elettronica (L. 2.400)
5	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore radio (L. 2.400)
6	Richard Zierl	Come si lavora con i transistori (L. 2.400) Seconda parte: l'amplificazione
7	Helmut Tünker	Strumenti musicali elettronici (L. 2.400)
8	Heinrich Stöckle	Strumenti di misura e di verifica (L. 3.200)
9	Heinrich Stöckle	Sistemi d'allarme (L. 2.400)
10	Hanns-Peter Siebert	Verifiche e misure elettroniche (L. 3.200)
11	Richard Zierl	Come si costruisce un amplificatore audio (L. 2.400)
12	Waldemar Baitinger	Come si costruisce un tester (L. 2.400)
13	Henning Gamlich	Come si lavora con i tiristori (L. 2.400)
14	Richard Zierl	Come si costruisce un telecomando elettronico (L. 2.400)
15	Hans Joachim Müller	Come si usa il calcolatore tascabile (L. 2.400)
16	Karl-Heinz Biebersdorf	Circuiti dell'elettronica digitale (L. 2.400)
17	Frahm/Kort	Come si costruisce un diffusore acustico (L. 2.400)
18	Waldemar Baitinger	Come si costruisce un alimentatore (L. 3.200)
19	Heinrich Stöckle	Come si lavora con i circuiti integrati (L. 2.400)
20	Heinrich Stöckle	Come si costruisce un termometro elettronico (L. 2.400)
21	Richard Zierl	Come si costruisce un mixer (L. 2.400)
22	Richard Zierl	Come si costruisce un ricevitore FM (L. 2.400)
23	Friedhelm Schiersching	Effetti sonori per il ferromodellismo (L. 2.400)
24	Heinrich Stöckle	Come si lavora con gli amplificatori operazionali (L. 2.400)
25	Friedhelm Schiersching	Telecomandi a infrarossi per il ferromodellismo (L. 2.400)

ISBN 88-7021-089-8

L. 2.400 (2264)